



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

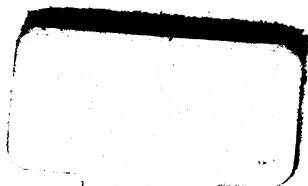
### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

UC-NRLF



B 4 525 118







MANUEL  
DE L'INGÉNIEUR  
DES PONTS ET CHAUSSEES

ÉDITÉ

CONFORMÉMENT AU PROGRAMME

LETTRE AU MINISTRE DU 7 MARS 1868

DESSAIN TARDIVILLE DES CORRESPONDANCES DES PONTS ET CHAUSSEES  
ET DES TRAVAUX D'AGRICULTURE

A. DEBAUVE

EDITEUR DES PONTS ET CHAUSSEES

18<sup>e</sup> EDITION — TEXTE

Des Eaux en Agriculture

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRIE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSEES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES  
44, QUAI D'ORLEANS PARIS

1870



MANUEL  
DE L'INGÉNIEUR  
DES PONTS ET CHAUSSÉES

4863. -- PARIS, IMPRIMERIE A. L. GUILLOT  
7, rue des Canettes, 7

# MANUEL DE L'INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES

RÉDIGÉ

CONFORMÉMENT AU PROGRAMME

ANNEXÉ AU DÉCRET DU 7 MARS 1868

RÉGLANT L'ADMISSION DES CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSEES  
AU GRADE D'INGÉNIEUR

PAR

A. DEBAUVE

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES

—  
18<sup>me</sup> FASCICULE

—  
DES EAUX EN AGRICULTURE

—  
PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSEES ET DES MINES

49, QUAI DES AUGUSTINS, 49

—  
1884

Droits de reproduction et de traduction réservés

~ 8 GIFT

TC 145  
D3  
v. 18

## PROGRAMME

1. **DESSÉCHEMENTS.** — Différentes causes de la trop grande humidité des terres. — Curage des cours d'eau. — Rigoles d'assainissement; canaux de ceinture.

Desséchement : 1<sup>o</sup> par l'exhaussement du sol, colmatage; 2<sup>o</sup> par l'abaissement du plan d'eau général; 3<sup>o</sup> par l'endiguement des cours d'eau, l'ouverture de fossés latéraux et de rigoles transversales; 4<sup>o</sup> à l'aide de machines avec réservoirs inférieurs.

Principaux ouvrages à construire dans ces divers systèmes de desséchements.

2. **DRAINAGE.** — Principes généraux. — Mode d'exécution des travaux.

3. **IRRIGATIONS** : 1<sup>o</sup> Par submersion sur les terrains à peu près horizontaux; 2<sup>o</sup> par déversement sur les terrains en pente; 3<sup>o</sup> sur un sol disposé en ados. — Limonages. — Quantités d'eau dans différents cas.

Divers moyens de se procurer les eaux d'irrigation; prises d'eau. — Canaux et rigoles pour la dérivation et la répartition des eaux. — Ouvrages d'art. — Distribution des eaux entre les intéressés; appareils de jaugeage. — Reprises d'eau.

⊕

M709809



# DES EAUX EN AGRICULTURE

## TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

DIVISION DU SUJET. . . . .	1	Polder du Zuid-Pias. . . . .	36
PREMIÈRE SECTION		Desséchement du lac de Harlem. . . . .	39
EAUX NUISIBLES		Travaux de fascinages. . . . .	44
CHAPITRE I.		Des digues. . . . .	47
Curage et desséchements		Desséchement des Moëres. . . . .	48
Considérations générales. . . . .	2	Projet de desséchement du lac de Grandlieu. . . . .	49
Curage des cours d'eau. . . . .	4	<i>Influence des marais sur la santé publique.</i> . . . . .	53
Fauçardement. . . . .	6	Régime des ouvriers employés sur des chantiers marécageux. . . . .	56
Engrais provenant du curage. . . . .	7	<i>Législation des desséchements.</i> . . . . .	58
Lois et règlements sur le curage. . . . .	8	Loi de 1807. . . . .	58
Loi du 14 floréal an XI. . . . .	8	Loi du 21 juin 1805. . . . .	59
Loi du 21 juin 1805. . . . .	9		
Desséchement par abaissement du plan d'eau. . . . .	12		
Rigoles d'assainissement. . . . .	13		
Desséchement des Marais-Pontins. . . . .	15		
Desséchement des marais entre Beaucaire et Aigues-Mortes. . . . .	18		
Marais du littoral de la Méditerranée. . . . .	19		
Action du sel. . . . .	20		
Desséchement de l'étang du Pourra. . . . .	21		
Desséchement des marais de Bourgoin. . . . .	23		
Assainissement des Landes de la Gironde	23		
Travaux d'amélioration de la Dombes. . . . .	26		
Assainissement des landes de la Sologne. . . . .	29		
Assainissement de la plaine de l'Habla. . . . .	30		
Influence des plantations sur l'assainissement . . . . .	31		
De l'eucalyptus. . . . .	31		
Desséchement des marais soumis à l'influence des marées. . . . .	32		
Watringues de Dunkerque. . . . .	33		
Écluses avec portes, clapets en bois. . . . .	33		
Clapets en fonte, en tôle. . . . .	34		
Desséchement par machines. . . . .	36		
Polders de la Hollande. . . . .	36		
		CHAPITRE II.	
		Drainage	
		Définition du drainage. . . . .	60
		Effets généraux du drainage. . . . .	61
		Le drainage empêche l'excès d'humidité. . . . .	62
		Le drainage équivaut à un approfondissement du sol. . . . .	63
		Le drainage réchauffe le sol. . . . .	63
		Le drainage diminue les effets de la sécheresse. . . . .	63
		Le drainage ne laisse pas perdre les engrais. . . . .	63
		Le drainage améliore le sol le plus argileux. . . . .	64
		Des terrains susceptibles d'être drainés. . . . .	66
		De l'utilité du drainage suivant le climat. . . . .	69
		Exemples d'anciens drainages ; pierrées. . . . .	73
		Drainage par tuyaux. . . . .	73
		1 <sup>e</sup> Fabrication des tuyaux et de leurs accessoires. . . . .	74
		Choix et préparation des terres. . . . .	74
		Moulage des tuyaux. . . . .	75
		Séchage des tuyaux et cuissage. . . . .	77
		Bouches de décharge. . . . .	79
		Regards. . . . .	80
		2 <sup>e</sup> Études relatives à un projet de drainage. . . . .	80
		Opérations préliminaires sur le terrain. . . . .	80
		Tracé et direction des drains. . . . .	81
		Longueur, pente des drains. . . . .	82

<b>Diamètre des drains.</b>	83	<b>Canaux d'arrosage à l'eau trouble.</b>	153
<b>Profondeur et écartement des drains.</b>	85	<b>Canal de Carpentras.</b>	155
<b>Avantages des drains profonds.</b>	84	<b>2<sup>e</sup> Canal dérivé du Drac, bassin de Gap (Hautes-Alpes).</b>	142
<b>Expériences sur la position du plan d'eau dans le voisinage des drains.</b>	85	<b>Décret de concession de ce canal.</b>	148
<b>3<sup>e</sup> Exécution des travaux de drainage.</b>	86	<b>Mise sous séquestre.</b>	155
<b>Utilité des manchons ou colliers.</b>	89	<b>Etat actuel du canal et conclusion.</b>	157
<b>Des obstructions.</b>	90	<b>3<sup>e</sup> Canal dérivé du Verdon et aboutissant à la ville d'Aix.</b>	158
<b>Drainage d'une pièce de 8 hectares (argiles du Gâtinais).</b>	92	<b>Description générale de ce canal.</b>	158
<b>Drainage d'une pièce de 7 hectares (argiles du Gâtinais).</b>	93	<b>Siphon en tête du vallon de Saint-Paul.</b>	160
<b>Drainage dans le département de Seine-et-Marne.</b>	94	<b>4<sup>e</sup> Des irrigations en Espagne.</b>	164
<b>Drainage dans le département du Jura.</b>	95	<b>Irrigations de Valence.</b>	164
<b>Drainage des bourgs de la Motte-Beuvron et de la Ferté-Saint-Aubin (Sologne).</b>	97	<b>Irrigations du Jucar.</b>	165
<b>Drainage vertical.</b>	100	<b>Irrigations d'Alicante. Barrage-réservoir.</b>	166
<b>Législation du drainage.</b>	101	<b>Irrigations d'Elche. Partiteur variable.</b>	168
<b>Loi du 10 juin 1854.</b>	101	<b>Remarque sur les barrages d'Espagne.</b>	169

## DEUXIÈME SECTION

### EAUX UTILES

#### CHAPITRE I.

##### Irrigations

<b>Historique.</b>	103	<b>CHAPITRE II.</b>	
<b>Action des eaux d'irrigation.</b>	104	<b>Colmatage</b>	
<b>Action de l'humidité.</b>	104	<b>Définition du colmatage.</b>	193
<b>Action chimique des eaux.</b>	104	<b>Quantités de limon contenues dans les eaux des fleuves.</b>	194
<b>Expériences de M. Hervé-Mangon.</b>	104	<b>Expériences de M. Mangon.</b>	194
<b>L'eau est un engrais.</b>	107	<b>Utilité du colmatage.</b>	196
<b>Distinction entre les arrosages simples et les irrigations fertilisantes.</b>	107	<b>Pratique du colmatage.</b>	197
<b>Quantité d'eau à employer.</b>	107	<b>Colmatage d'Italie.</b>	198
<b>Qualités des eaux de colature.</b>	108	<b>Colmatage du Val de Chiana.</b>	199
<b>Eaux nuisibles en irrigation.</b>	108	<b>Maremme. Marais de Castiglione.</b>	200
<b>Combinaison du drainage et de l'irrigation.</b>	109	<b>Colmatage de la rive gauche du Var.</b>	201
<b>Étendue des irrigations en France.</b>	109	<b>Colmatage de la vallée de l'Isère.</b>	205
<b>Méthodes diverses d'irrigations.</b>	109	<b>Canal de Craponne</b>	209
<b>I. Irrigations fertilisantes à grande consommation d'eau (climats du Nord).</b>	111	<b>Plaine de la Crau.</b>	209
<b>1<sup>e</sup> Irrigations de Normandie.</b>	111	<b>Description du canal de Craponne.</b>	210
<b>1<sup>e</sup> Exemple : prairies de Bernay (Eure).</b>	111	<b>Projet de colmatage de la Crau.</b>	214
<b>Augets.</b>	113	<b>Colmatages anciens près d'Avignon.</b>	215
<b>2<sup>e</sup> Exemple.</b>	118	<b>Alluvions de la basse Seine.</b>	217
<b>2<sup>e</sup> Irrigation de la Campine belge.</b>	118	<b>Provenance de ces alluvions.</b>	218
<b>3<sup>e</sup> Irrigation des Vosges.</b>	119	<b>Législation des irrigations et colmatages.</b>	220
<b>II. Arrosages simples, irrigation à faible consommation d'eau (climats du Midi).</b>	125	<b>Loi du 11 juillet 1847.</b>	221
<b>1<sup>e</sup> Irrigation du département de Vaucluse.</b>	152	<b>Loi du 29 avril 1845.</b>	221
<b>Canaux d'arrosage à l'eau claire.</b>	152		221

# DES EAUX EN AGRICULTURE

Dans les considérations générales sur les usages de l'eau, nous avons montré que l'on pouvait diviser les eaux en eaux utiles et eaux nuisibles.

L'étude des eaux utiles comprend les moteurs hydrauliques, les machines à vapeur, les distributions d'eau et les égouts qui en sont le corollaire, les irrigations et colmatages, les rivières, les canaux et les ports de mer.

L'étude des eaux nuisibles comprend l'endiguement des cours d'eau, des étangs et des mers, le curage des rivières, les desséchements superficiels et le drainage ou desséchement souterrain.

Dans ce volume, nous considérerons les eaux au point de vue de l'agriculture.

L'étude des eaux nuisibles à l'agriculture comprend :

Les desséchements superficiels, dont fait partie le curage des cours d'eau :

Les desséchements superficiels, dont fait partie le curage des marais, sont destinés à assurer la sécheresse des sols et à empêcher l'écoulement des eaux dans les cours d'eau.

## L'étude des eaux utiles à l'agriculture comprend :

## Les arrosages ou irrigations :

Les arrosages ou irrigations ;  
Les colmatages, ou arrosages opérés avec des eaux troubles, en vue d'exhau-  
ser le sol qui les reçoit.

De cet exposé découlent la division rationnelle de l'ouvrage :

1 <sup>re</sup> section. — Eaux nuisibles.	Chapitre I. — Curage et desséchements.
	Chapitre II. — Drainage.
2 <sup>e</sup> section. — Eaux utiles. .	Chapitre III. — Irrigations.
	Chapitre IV. — Colmatages.

# PREMIÈRE SECTION

# EAUX NUISIBLES

---

## CHAPITRE PREMIER

### CURAGE ET DESSÉCHEMENTS

**Considérations générales.** — On appelle marais ou marécages les parties du sol recouvertes par des eaux stagnantes, dont la profondeur est généralement minime; il se développe dans ces eaux une végétation particulière, et souvent elles sont peuplées de nombreux animaux d'ordre inférieur. — Pendant la saison humide, le niveau de l'eau s'élève, et, grâce à l'abaissement de la température, la fermentation animale et végétale est peu active, les marais ne sont pas dangereux. — Quand arrive la saison chaude, le niveau de l'eau s'abaisse; d'immenses surfaces vaseuses sont mises à découvert; la chaleur et l'humidité combinées développent dans la masse entière une fermentation putride; l'air se charge de miasmes, et les populations sont décimées par les fièvres, qui sévissent surtout dans les pays situés sous le vent régnant.

Non seulement les marais constituent un danger pour la salubrité publique, mais encore ils font perdre à l'agriculture une immense surface que l'on peut évaluer pour la France entière à environ 600 000 hectares, et cette perte est d'autant plus regrettable qu'il s'agit en général de terrains susceptibles d'une grande fertilité.

C'est un des titres de gloire d'Henri IV d'avoir songé le premier à dessécher les marais dangereux et improductifs.

A côté des marais, il faut placer les étangs et les lacs, qui en diffèrent en ce sens qu'ils contiennent une certaine hauteur d'eau, comparable à celle qu'on trouve dans les rivières et même dans l'Océan. Les étangs se rencontrent dans des dépressions naturelles qu'ont produites les dislocations de l'écorce terrestre.

Quand ces dépressions existent dans les vallées parcourues par un fleuve, elles emmagasinent les eaux de ce fleuve et lui servent de régulateur. Considérons, par exemple, le Léman : le Rhône qui descend des glaciers des Alpes, y pénètre à Villeneuve, le parcourt dans toute sa longueur, et en sort à Genève. Les eaux

du lac sans cesse renouvelées restent pures et limpides, elles ne constituent pas un danger pour la santé publique; le lac rend même un grand service en emmagasinant à certaines époques les eaux surabondantes du Rhône supérieur.

Sous de moindres proportions, beaucoup de lacs et d'étangs sont dans le même cas. Il ne faut pas chercher à les dessécher, car ils jouent un rôle éminemment utile, et sont du reste susceptibles, grâce à la pisciculture, d'apporter à l'alimentation un contingent précieux.

Quant aux étangs qui se rencontrent dans des cuvettes fermées de toutes parts, ils présentent à peu près les mêmes inconvénients que les marais, et ne se prêtent pas toujours à la pisciculture; alimentés par le ruissellement des eaux pluviales sur les versants qui les entourent, ils voient leur niveau s'élèver pendant la saison humide, puis s'abaisser pendant la saison chaude. Les plages mises à nu sont le siège d'une active fermentation, et les eaux non renouvelées ne tardent pas à se corrompre. Les lacs et les étangs sont dus à une cause géologique; les marais au contraire proviennent souvent du fait de l'homme.

Les marais résultent de diverses causes :

1<sup>o</sup> Lorsqu'un cours d'eau est abandonné à lui-même dans une vallée à faible pente, son lit s'exhausse peu à peu, en certains points s'établissent des relèvements du fond ou des obstacles formant barrages, les eaux sont gonflées et passent sur les berges pour se répandre de chaque côté du lit. Les matières en suspension se déposent d'abord dans le voisinage des berges, de sorte que celles-ci s'élèvent plus vite que les terres latérales; les eaux, qui recouvrent ces terres pendant l'hiver, se trouvent donc emprisonnées lorsque le débit du cours d'eau diminue, c'est-à-dire pendant l'été. Un marécage prend naissance; il s'accroît chaque année, et bientôt la vallée entière est envahie, les eaux ont perdu leur cours régulier; celles qui sont en excès lors des crues finissent par se créer un passage tortueux pour gagner la vallée principale. Dans ce cas, un curage du cours d'eau, accompagné, si cela est nécessaire, d'un approfondissement et du redressement des parties défectueuses, atténue le mal; si l'on ouvre en outre dans les terres latérales des fossés d'égouttement, dont la pente est ménagée de manière à amener les eaux jusqu'au thalweg, on ne tarde pas à transformer le marécage en terre fertile.

2<sup>o</sup> Il existe des plateaux légèrement ondulés, à pentes indécises, formés d'un sol peu ou point perméable; les eaux pluviales séjournent à la surface, elles se réunissent en flaques et en mares, elles noyent le terrain et le rendent impropre à toute culture. On arrivera souvent avec quelques canaux, ou même avec quelques fossés judicieusement établis, à donner un écoulement à l'eau surabondante et à assainir de grandes surfaces.

3<sup>o</sup> Sur les bords de la mer, des plages ou des plaines basses d'une grande étendue se trouvent au-dessus du niveau des hautes mers ordinaires, mais au-dessous du niveau qu'atteignent les grandes marées d'équinoxe; elles sont donc envahies par les eaux, lors de ces grandes marées, et les eaux sont retenues par les bas-fonds qu'elles transforment en marécages. L'exécution de digues pourra dans ce cas préserver les plaines attaquées et les rendre à la culture.

4<sup>o</sup> Certains cours d'eau torrentiels ont un assez faible débit moyen et prennent accidentellement un débit énorme; leur lit est impuissant à les contenir, ils se répandent dans toute leur vallée et la submergent. Quelquefois, la submersion se produit en hiver et dépose un limon fertile; alors, elle est bienfaisante, et il ne faut pas la combattre. Lorsqu'au contraire les submersions se produisent pendant l'époque de la végétation, qu'elles ravinent et bouleversent les terres

au lieu de les améliorer, il faut les combattre. On y arrive en endiguant le cours d'eau, c'est-à-dire en lui créant un lit artificiel capable de livrer passage aux plus grandes crues.

La question des endiguements tient de trop près à la question du régime des fleuves, pour que nous la traitions en ce volume ; elle sera beaucoup mieux placée dans l'étude des rivières et canaux.

Dans le cas où l'on endigue un cours d'eau, on peut ménager dans ces digues des déversoirs ou des vannages, qui livrent passage à une partie des eaux limoneuses et les répandent sur les terres situées en arrière des digues. Les eaux troubles s'épanchent sur une grande surface, y perdent leur vitesse, et par suite déposent les matières qu'elles tiennent en suspension ; lorsqu'elles sont clarifiées, on les rend au fleuve à l'aval, au moyen de canaux dont la pente est convenablement ménagée. Les dépôts relèvent peu à peu le sol qui les reçoit, jusqu'à ce que le sol ait atteint le niveau des déversoirs et des digues.

Ce mode de dessèchement s'appelle le colmatage ; c'est une irrigation d'une espèce particulière ; aussi ne l'étudierons-nous que dans la deuxième section de ce traité, réservée aux eaux utiles.

5<sup>o</sup> Lorsque des fleuves débouchent dans une mer à fortes marées, leur écoulement se fait sans peine à basse mer, mais quand la mer monte et reflue dans les estuaires, elle détermine un remous des eaux du fleuve qui s'épanchent sur les terres voisines et les transforment en marécages. C'est par un système de digues convenablement combiné qu'on arrivera dans ce cas à conjurer le mal.

6<sup>o</sup> Enfin, lorsqu'on se propose de dessécher des étangs ou des marais établis dans des cuvettes que dominent tous les terrains environnants, il n'y a plus qu'à recourir aux moyens mécaniques, afin d'élèver les eaux à une hauteur telle qu'elles puissent trouver un écoulement.

En somme, les divers procédés de dessèchement sont les suivants :

1<sup>o</sup> Dessèchement par exhaussement du sol au moyen de l'apport des eaux troubles, c'est le colmatage ou irrigation limoneuse, que nous traiterons au chapitre iv.

2<sup>o</sup> Dessèchement par abaissement du plan d'eau général ; il s'effectue par le curage des cours d'eau et par l'ouverture de canaux, de fossés et de rigoles.

3<sup>o</sup> Dessèchement par endiguement des cours d'eau ; nous avons dit que cette question était réservée et trouverait sa place dans le *Traité des Rivières*.

4<sup>o</sup> Dessèchement par machines élévatrices.

Le curage des cours d'eau navigables est à la charge de l'État ; il s'effectue au moyen de dragues puissantes, dont nous avons décrit les divers systèmes dans notre *Traité de l'Exécution des Travaux*.

#### CURAGE DES COURS D'EAU.

Le curage des cours d'eau non navigables est à la charge des propriétaires intéressés : si l'on considère qu'il existe en France 180 000 kilomètres de rivières non navigables, on reconnaît toute l'importance de la question.

**Exécution du curage.** — L'opération du curage s'effectue généralement par les procédés les plus simples. Lorsqu'il existe sur le cours d'eau des van-

nages de retenue pour les usines ou les irrigations, on lève ces vannages, pendant les jours de chômage, de manière à abaisser le plus possible le niveau de l'eau; les ouvriers s'établissent dans le lit de la rivière, où il ne reste qu'une faible hauteur d'eau, et jettent directement sur les berges les matières provenant du curage.

Lorsque l'on ne peut abaisser suffisamment le plan d'eau pour permettre aux ouvriers de s'établir dans le lit de la rivière, ou lorsqu'on veut éviter le chômage des usines, le curage s'effectue de la rive au moyen des dragues à main que nous avons décrites à la page 25 du *Traité de l'Exécution des Travaux*. La drague à main est une sorte de grande pelle avec rebords latéraux, avec laquelle on peut enlever les vases fluides : cet appareil est percé de trous, qui livrent passage à l'eau en excès, et évitent ainsi à l'ouvrier un travail inutile. La drague à main est munie d'un manche assez long pour permettre d'atteindre de la rive au moins le milieu de la rivière (fig. 1, pl. I).

La manœuvre de la drague à main doit être surveillée, car elle donne souvent de mauvaise besogne. Les ouvriers, étant payés au mètre cube de matière extraite, s'attachent nécessairement à la partie facile du travail en négligeant la partie difficile. Il arrive fréquemment qu'ils creusent trop le lit près des berges et ne le creusent pas assez au milieu du courant, de sorte que la section transversale du fond fait un dos d'âne, le courant de l'eau se porte sur les berges, les assouille, et détermine quelquefois des éboulements.

La drague à main est complétée par une houe à long manche B et par une griffe ou crochet C, qui servent à ramasser la vase compacte et même les pierres; à ces outils, on ajoute le croissant D et le coutre E, qui servent à couper les racines et les branches le long des berges et sous l'eau (fig. 1).

On comprend combien ces procédés primitifs, qui conviennent aux ruisseaux et aux rivières bien entretenuées, deviennent coûteux, lorsqu'il s'agit d'exécuter un curage important. Aussi, pensons-nous qu'en bien des cas, on devrait recourir à de petites dragues à bras, du genre de celle que nous avons décrite à la page 31 de *l'Exécution des Travaux*, et qui est en usage pour le curage des biefs de grandes usines situées sur la rivière de l'Essonne, près de Corbeil (Seine-et-Oise). Cette drague se compose d'une chaîne à godets manœuvrée par un treuil à deux hommes et supportée entre deux batelets; dans l'intervalle plonge la chaîne à godets et son élinde, que l'on peut incliner plus ou moins au moyen d'une chaîne s'enroulant autour d'un treuil installé sur un des batelets. Le treuil moteur porte sur son arbre un volant en bois. Cette machine a coûté 1800 francs; dans un terrain moyennement résistant, elle donnera 50 mètres cubes de débit par jour; dans un terrain bien meuble, on peut arriver à 70 mètres. L'usage de cette drague conduira donc à des résultats économiques, et elle est susceptible de recevoir de nombreuses applications; les matières enlevées par les godets se déversent dans un couloir incliné en bois ou en tôle, qui les conduit jusque sur les berges, où elles se trouvent déposées automatiquement. Lorsque les berges seront trop élevées pour permettre l'usage d'un couloir, on recueillera les vases dans un bateau qu'on ira décharger aux endroits favorables.

Parmi les procédés de curage, citons encore le système des chasses, qui rend de grands services dans les ports de mer, mais qui n'est pas souvent applicable aux rivières. Avec des rabots on accumule la vase en amont d'un vannage de retenue qu'on lève tout d'un coup; il se forme un courant rapide qui entraîne la vase, et même approfondit le chenal de la rivière à l'aval. Il est vrai que

peu à peu la vitesse s'atténue, et que les matières en suspension retombent, de sorte que le mal n'est que déplacé. Aussi ce système n'est-il applicable que si l'on peut jeter le produit des chasses soit dans un cours d'eau considérable, soit sur des prairies qui retiennent la vase et en profitent.

En ce qui touche l'époque où l'on doit opérer les curages, on peut dire d'une manière générale qu'il faut les entreprendre à l'époque où les cours d'eau ont le moindre débit et où l'on a le moins de chance de voir fermenter les vases extraites et déposées sur les berges. C'est donc l'automne, c'est-à-dire l'époque qui s'étend du 15 septembre au 1<sup>er</sup> novembre, qui convient le mieux pour cette opération. Par suite des chaleurs de l'été, les sources sont au plus bas et la profondeur d'eau est minime : en outre, il n'y a plus de grosses chaleurs à redouter, l'hiver arrive, et le dégagement des miasmes n'est pas à craindre.

S'il s'agit de curages sans importance, tels que ceux que nécessite l'entretien des cours d'eau en bon état, l'époque de l'opération est pour ainsi dire indifférente ; cependant, si la végétation est active et que les moissons ou les fourrages soient encore debout, on peut se trouver embarrassé pour le dépôt des matières extraites.

**Faucardement.** — Le faucardement est l'opération qui consiste à faucher sous l'eau les herbes aquatiques dont le développement sur certaines rivières est souvent considérable. On sait combien les herbes des berges et du fond nuisent à l'écoulement des eaux ; celles des berges sont faciles à faucher par la méthode ordinaire, celles du fond s'enlèvent plus difficilement. Cependant il est bon sur la plupart des rivières de les couper au moins deux fois par an ; certaines rivières exigent même un faucardement mensuel, sauf à réserver quelques touffes d'herbes dans l'intérêt de la pisciculture.

Cette opération est rendue facile au moyen de l'outil connu sous le nom de faucard et décrit par M. l'inspecteur général Tarbé dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1852.

Lorsque la nature du sol et celle des eaux alimentaires, dit M. Tarbé, se réunissent pour favoriser la végétation, les herbes aquatiques acquièrent un développement extraordinaire dans certains canaux, et, depuis le mois de mai jusqu'à l'époque habituelle des chômagés, elles doivent être coupées plusieurs fois sous peine d'intercepter complètement la navigation.

Sous une profondeur d'eau de 1<sup>m</sup>,60, la plus grande partie des herbes échappe à l'action des faux ordinaires et l'opération est longue et pénible.

Il n'en est pas de même avec le faucard dont voici les détails de construction.

C'est une chaîne composée de 12 lames de faux réunies au moyen de boulons à clavettes ; la longueur développée de 9 mètres se réduit pendant le fonctionnement à cause de la courbure à une longueur de 7 à 8 mètres.

On se sert de veilles lames de faux dont on casse les pointes et les talons. Toutes les lames sont mobiles séparément autour des boulons qui les retiennent et il faut démonter de temps en temps l'appareil pour rebattre les faux.

Pour forcer le faucard à rester à plat, on lui attache trois chaînes de 1<sup>m</sup>,50 de longueur qui traînent derrière lui sur le fond du cours d'eau et qu'on peut à la rigueur terminer par des pierres.

A chaque extrémité du faucard est attachée une corde qu'un ou deux hommes tirent sur chaque rive en lui imprimant un mouvement saccadé et en remontant le courant, c'est-à-dire en prenant les plantes en sens inverse de leur in-

clinaison.— Les herbes détachées montent à la surface à mesure que l'appareil avance.

Les herbes flottent à la surface, elles sont arrêtées par les grilles qu'on place en avant des coursiers des usines pour empêcher les corps flottants d'arriver jusque sur les moteurs hydrauliques ; c'est là qu'on les recueille.

L'appareil que nous venons de décrire a coûté 92 francs ; il réalise sur la méthode ordinaire au moins 90 p. 100 d'économie.

**Produits du curage considérés comme engrais.** — La vase provenant des curages est presque toujours un riche engrais, qu'il ne faut pas laisser perdre. Mais ce n'est pas le seul produit fertilisant que fournit le curage des cours d'eau : le fauquardement des plantes aquatiques met également à la disposition des riverains un produit d'une grande valeur agricole.

Nous trouvons, dans la *Chronique des Annales des ponts et chaussées* de mai et juin 1860, de nombreuses analyses de vases. Nous ne donnerons ici que la teneur en azote pour cent parties :

Vase de la Bonde (Eure). . . . .	0,23	Vase de la Juine au-dessous d'Étampes..	0,32
— de la Vesles à Champigny. . . . .	0,68	— de la Seine prise à la Meilleraye. .	0,25
— des cuvettes d'épuration des égouts		— Caudébec.. . .	0,26
de Reims. . . . .	1,73	— Vieux-Port.. . .	0,27
— de la Vesles à 10 kilom. au-dessous		— Quillebeuf.. . .	0,25
de Reims. . . . .	0,54	— Tancarville.. . .	0,25
— du canal de l'Ourcq. . . . .	0,29	— Laroque. . . . .	0,15
— du port de la Rochelle. . . . .	0,46	— Berville. . . . .	0,25
— du bassin d'Arcachon. . . . .	0,42	— Honfleur. . . . .	0,25
— de la Juine au-dessus d'Étampes. .	0,53		

Sur les bords de certains étangs du Midi, dit la *Chronique des Annales* que nous venons de citer, on coupe, pour en faire du fumier, et l'on vend à un prix assez élevé les roseaux qui y croissent en abondance. Il serait certainement avantageux, dans certaines conditions, de favoriser le développement de plantes aquatiques dans les eaux courantes ou stagnantes, et de se procurer ainsi un engrais supplémentaire, d'autant plus précieux qu'il n'apporte avec lui aucune graine de mauvaises herbes.

Quand on saura mieux les utiliser, les plantes aquatiques seront appelées à rendre, dans l'intérieur des terres, des services analogues à ceux que les cultivateurs du littoral retirent de l'emploi des végétaux marins.

Considérés à ce point de vue, les végétaux aquatiques offrent, en effet, des moyens puissants et économiques de fixer et d'extraire des matières fertilisantes qui s'écoulent en pure perte avec les eaux que l'agriculture n'emploie pas en irrigations.

Les plantes aquatiques exposées à l'air et au soleil perdent assez rapidement de 70 à 92 0/0 de leurs poids d'eau. Ainsi desséchées, elles renferment encore de 13 à 30/0 d'humidité qu'elles n'abandonnent qu'à l'étuve. D'après les analyses, ces végétaux simplement séchées à l'air contiennent de 1 à 3 0/0 d'azote et certains renferment 1 pour 100 d'acide phosphorique. Incomplètement desséchées, quand on les emploie comme engrais, on voit qu'ils sont au moins et souvent plus riches en azote que le fumier de ferme normal dosant 0,5 0/0 d'azote.

Il était donc important d'appeler l'attention sur ces produits si longtemps négligés.

**Sommaire des lois et règlements sur le curage.** — La législation du curage sera traitée à fond lorsque nous nous occuperons du droit administratif. Notre seul but est de compléter ici les notions théoriques par un examen sommaire des lois et règlements administratifs sur la matière.

La première loi relative au curage est celle que l'Assemblée nationale a votée le 12 août 1790 et que le roi a proclamée le 20 août ; on l'appelle la loi en forme d'instruction des 12-20 août 1790. En voici l'extrait qui est relatif au curage :

« Les assemblées administratives du département doivent aussi rechercher et indiquer le moyen de procurer le libre cours des eaux ; d'empêcher que les prairies ne soient inondées par la trop grande élévation des écluses, des moulins, et par les autres ouvrages d'art établis sur les rivières ; de diriger enfin, autant qu'il sera possible, toutes les eaux de leur territoire vers un but d'utilité générale, d'après les principes de l'irrigation. »

Mais la loi fondamentale du curage est celle du 14 floréal an XI.

#### LOI DU 14 FLOREAL AN XI.

##### ARTICLE 1<sup>er</sup>.

Il sera pourvu au curage des canaux et rivières non navigables et à l'entretien des digues et ouvrages d'art qui y correspondent, de la manière prescrite par les anciens règlements, ou d'après les usages locaux.

##### ART. 2.

Lorsque l'application des règlements ou du mode consacré par l'usage éprouvera des difficultés, ou lorsque des changements survenus exigeront des dispositions nouvelles, il y sera pourvu, par le Gouvernement, dans un règlement d'administration publique rendu sur la proposition du Préfet du département, de manière que la contribution de chaque imposé soit toujours relative au degré d'intérêt qu'il aura aux travaux qui devront s'effectuer.

##### ART. 3.

Les rôles de répartition des sommes nécessaires au paiement des travaux d'entretien, de réparation ou de reconstruction, seront dressés, sous la surveillance du Préfet, rendus exécutoires par lui, et le recouvrement s'en opérera de la même manière que celui des contributions publiques.

##### ART. 4.

Toutes les contestations relatives au recouvrement de ces rôles, aux réclamations des individus imposés et à la confection des travaux, seront portées devant le Conseil de Préfecture, sauf recours au Conseil d'État.

Les décrets du 25 mars 1852 et du 13 avril 1861 sur la décentralisation administrative ont consacré les pouvoirs des préfets en ce qui touche les curages ordinaires, et leur donne le droit de statuer sur :

« Les dispositions pour assurer le curage et le bon entretien des cours d'eau non navigables ni flottables, de la manière prescrite par les anciens règlements, ou d'après les usages locaux ; la réunion, s'il y a lieu, des propriétaires intéressés en associations syndicales. »

### LOI DU 21 JUIN 1865.

La loi du 21 juin 1865 sur les associations syndicales renferme les dispositions suivantes relatives au curage :

#### ARTICLE 1<sup>er</sup>.

Peuvent être l'objet d'une association syndicale entre propriétaires intéressés, l'exécution et l'entretien de travaux :

2<sup>o</sup> De curage, approfondissement, redressement et régularisation des canaux et cours d'eau non navigables ni flottables.

#### ART. 9.

Les propriétaires intéressés à l'exécution des travaux spécifiés dans les numéros... 2... de l'article 1<sup>er</sup>, peuvent être réunis, par arrêté préfectoral, en association syndicale autorisée, soit sur la demande d'un ou de plusieurs d'entre eux, soit sur l'initiative du Préfet.

#### ART. 10.

Le Préfet soumet à une enquête administrative dont les formes seront déterminées par un règlement d'Administration publique, les plans, avant-projets et devis des travaux, ainsi que le projet d'Association. Le plan indique le périmètre des terrains intéressés et est accompagné de l'état des propriétaires de chaque parcelle. Le projet d'Association spécifie le but de l'entreprise et détermine les voies et moyens nécessaires pour subvenir à la dépense<sup>1</sup>.

#### ART. 11.

Après l'enquête, les propriétaires qui sont présumés devoir profiter des travaux sont convoqués en Assemblée générale par le Préfet, qui en nomme le président, sans être tenu de le choisir parmi les Membres de l'Assemblée.

Un procès-verbal constate la présence des intéressés et le résultat de la délibération. Il est signé par les Membres présents et mentionne l'adhésion de ceux qui ne savent pas signer.

L'acte contenant le consentement par écrit de ceux qui l'ont envoyé en cette forme est mentionné dans ce procès-verbal et y reste annexé.

Le procès-verbal est transmis au Préfet.

#### ART. 12.

Si la majorité des intéressés, représentant au moins les deux tiers de la superficie des terrains, ou les deux tiers des intéressés, représentant plus de la moitié de la superficie, ont donné leur adhésion, le Préfet autorise, s'il y a lieu, l'Association.

<sup>1</sup> Le règlement d'administration publique a été rendu par décret du 17 novembre 1865.

Un extrait de l'acte d'Association et l'arrêté du Préfet, en cas d'autorisation, et, en cas de refus, l'arrêté du Préfet, sont affichés dans les communes de la situation des lieux et insérés dans le Recueil des actes de la préfecture.

#### ART. 13.

Les propriétaires intéressés et les tiers peuvent déférer cet arrêté au Ministre des travaux publics, dans le délai d'un mois à partir de l'affiche.

Le recours est déposé à la préfecture et transmis, avec le dossier, au Ministre, dans le délai de quinze jours.

Il est statué par un décret rendu en Conseil d'État.

#### ART. 15.

Les taxes ou cotisations sont recouvrées sur des rôles dressés par le syndicat de l'Administration de l'Association, approuvés, s'il y a lieu, et rendus exécutoires par le Préfet.

Le recouvrement est fait comme en matière de contributions directes.

#### ART. 16.

Les contestations relatives à la fixation du périmètre des terrains compris dans l'Association, à la division des terrains en différentes classes, au classement des propriétés en raison de leur intérêt aux travaux, sont jugées par le Conseil de Préfecture, sauf recours au Conseil d'État.

Il est procédé à l'apurement des comptes de l'Association selon les règles établies pour les comptes des receveurs municipaux.

#### ART. 17.

Nul propriétaire compris dans l'association ne pourra, dans un délai de quatre mois à partir de la notification du premier rôle des taxes, contester sa qualité d'associé ou la validité de l'association.

#### ART. 18.

Dans le cas où l'exécution des travaux entrepris par une Association syndicale autorisée exige l'expropriation de terrains, il y est procédé conformément aux dispositions de l'article 16 de la loi du 21 mai 1836, après déclaration d'utilité publique par décret rendu en Conseil d'État.

#### ART. 19.

Lorsqu'il y a lieu à l'établissement de servitudes conformément aux lois, au profit d'Associations syndicales, les contestations sont jugées suivant les dispositions de l'article 5 de la loi du 10 juin 1854.

### TITRE IV.

#### *De la représentation de la propriété dans les Assemblées générales. — Des Syndics.*

#### ART. 20.

L'acte constitutif de chaque association fixe le minimum d'intérêt qui donne droit à chaque propriétaire de faire partie de l'Assemblée générale.

Les propriétaires de parcelles inférieures au minimum fixé peuvent se réunir pour se

faire représenter à l'Assemblée générale par un ou plusieurs d'entre eux, en nombre égal au nombre de fois que le minimum d'intérêt se trouve compris dans leurs parcelles réunies.

L'acte d'association détermine le maximum de voix attribuées à un même propriétaire, ainsi que le nombre de voix attachées à chaque usine, d'après son importance, et le maximum de voix attribuées aux usiniers réunis.

#### ART. 21.

Le nombre des syndics, leur répartition, s'il y a lieu, en diverses catégories d'intéressés, et la durée de leurs fonctions, seront déterminés par l'acte constitutif de l'association.

#### ART. 22.

Les syndics sont élus par l'Assemblée générale, parmi les intéressés.

Lorsque les syndics doivent être pris dans diverses catégories, la liste d'éligibilité est divisée en sections correspondant à ces diverses catégories.

Les syndics seront nommés par le Préfet, dans le cas où l'Assemblée générale, après deux convocations, ne se serait pas réunie ou n'aurait pas procédé à l'élection des syndics.

#### ART. 23.

Dans le cas où, sur la demande du syndicat, il est accordé une subvention par l'Etat, par le département ou par une commune, cette subvention donne droit à la nomination, par le Préfet, d'un nombre de syndics proportionné à la part que la subvention représente dans l'ensemble de l'entreprise.

#### ART. 24.

Les syndics élisent l'un d'eux pour remplir les fonctions de directeur, et, s'il y a lieu, un adjoint qui remplace le directeur en cas d'absence ou d'empêchement.

### TITRE V.

#### *Dispositions générales.*

#### ART. 25.

A défaut, par une Association, d'entreprendre les travaux en vue desquels elle a été autorisée, le Préfet rapportera, s'il y a lieu, et après mise en demeure, l'arrêté d'autorisation.

Il sera statué, par un décret rendu en Conseil d'Etat, si l'autorisation a été accordée en cette forme.

Dans le cas où l'interruption ou le défaut d'entretien des travaux entrepris par une Association pourrait avoir des conséquences nuisibles à l'intérêt public, le Préfet, après mise en demeure, pourra faire procéder d'office à l'exécution des travaux nécessaires pour obvier à ces conséquences.

#### ART. 26.

La loi du 16 septembre 1807 et celle du 14 floréal an XI continueront à recevoir leur exécution, à défaut de formation d'associations libres et autorisées, lorsqu'il s'agira de travaux spécifiés au numéro 2 de l'article 1<sup>er</sup> de la présente loi.

C'est donc, en somme, l'administration préfectorale qui est compétente pour ordonner les curages, pourvu que ces curages soient exécutés conformément

aux anciens règlements ou usages locaux, et pourvu que les curages se réduisent à l'enlèvement des dépôts, des vases et des racines, de manière à donner au cours d'eau son vieux fond et ses vieux bords.

Le préfet n'est pas compétent pour ordonner un approfondissement ou un élargissement du lit ou un redressement. Le législateur a considéré que des travaux de ce genre ne constituaient plus une servitude, mais une véritable atteinte à la propriété, et qu'ils ne pouvaient être autorisés qu'après la déclaration d'utilité publique rendue par décret, délibéré en conseil d'État.

En fait d'alignements le longs des cours d'eau, les préfets ne sont pas compétents pour en délivrer; ils peuvent seulement constater, après enquête, la largeur naturelle des cours d'eau et déterminer ainsi les lignes séparatives de la rivière et des propriétés voisines, lignes en dehors desquelles les riverains sont libres d'établir telles constructions qu'ils veulent.

La loi des 12-20 août 1790 n'intervient qu'exceptionnellement dans les questions de curage, et les préfets ne peuvent ordonner un curage, par application de cette loi, que dans le cas où les entraves apportées au libre cours de l'eau pourraient amener des inondations ou produire des effets dangereux au point de vue de l'hygiène et de la salubrité publique. — Les arrêtés préfectoraux n'ont dans ce cas qu'une autorité temporaire et appropriée aux circonstances; ils ne peuvent renfermer de prescriptions permanentes.

Au contraire, les préfets peuvent procéder par voie d'arrêtés permanents lorsqu'ils appliquent la loi du 14 floréal an XI et qu'ils ne dérogent pas aux anciens règlements ou usages locaux.

Toutes les fois qu'il y a lieu à dérogation, un règlement d'administration publique, c'est-à-dire un décret délibéré en conseil d'État, doit intervenir.

Les préfets peuvent déléguer aux maires leur droit de statuer en matière de curage; mais tout arrêté de curage pris par un maire est illégal s'il n'est revêtu de l'approbation préfectorale.

Les infractions aux règlements de curage tombent sous l'application de l'article 471, paragraphe 15, du Code pénal, et sont jugées par les tribunaux de simple police, à moins qu'il ne s'agisse de contestations relatives à l'exécution des travaux et à la confection des rôles, auquel cas la compétence est réservée aux conseils de préfecture.

Les infractions aux règlements de curage sont constatées par les préfets et par les agents sous leurs ordres: maires, commissaires de police, gardes chasseurs.

Une commission, instituée au ministère des travaux publics à la suite de la promulgation de la loi de 1865 sur les associations syndicales, a arrêté, pour le curage des cours d'eau non navigables ni flottables, un modèle que M. de Passy a reproduit dans son *Étude sur le service hydraulique*.

#### DESSÉCHEMENTS PAR ABAISSEMENT DU PLAN D'EAU.

Les desséchements par abaissement du plan d'eau sont les plus simples et les plus économiques. Quelquefois un simple curage suffit à les obtenir; mais le plus souvent le curage des cours d'eau naturels est insuffisant et doit être complété par l'ouverture de nombreux canaux et fossés tracés sur la surface à assai-

nir ; on est presque toujours forcé de recourir soit à des fossés latéraux destinés à assécher les bas-fonds qui se rencontrent au delà des berges du cours d'eau naturel, soit à des canaux de ceinture entourant les terrains humides et ayant pour but de les soustraire aux eaux des versants voisins.

Ces divers systèmes de desséchements se comprendront mieux par les exemples variés qui vont suivre.

#### RIGOLES D'ASSAINISSEMENT.

Parmi les terres labourables, il en est peu dont la perméabilité soit assez grande pour qu'elles s'assèchent d'elles-mêmes avec rapidité. Cela n'arrive guère que dans le sable pur, c'est-à-dire dans les sols improprels à la culture ordinaire. En général, les terres demandent à être assainies et délivrées des eaux en excès au moyen de raies ou de rigoles.

Tel était le but de l'ancienne culture par billons, que l'on conserve encore dans certaines parties de la France, mais qui tend à disparaître grâce au progrès des pratiques agricoles : elle a l'inconvénient d'être fort gênante pour l'emploi des outils perfectionnés et de faire perdre une partie de la surface productive. La végétation se fait dans de bonnes conditions dans les parties hautes des billons, mais l'excès d'humidité lui est très-nuisible dans les raies.

La culture par planches bombées est donc bien préférable ; grâce aux labours profonds, dont l'usage se propage, les eaux ruisselant à la surface diminuent de volume ; s'il en existe, elles se rendent dans le creux du petit vallon qui sépare deux planches voisines ; c'est là qu'elles se réunissent : il faut leur ménager un écoulement au dehors, si on ne veut pas qu'elles séjournent dans les creux et qu'elles entraînent la pourriture des récoltes en herbe.

Dans les terrains suffisamment perméables ou possédant une certaine inclinaison, l'égouttement se fait de lui-même vers les vallées.

Au contraire, dans les pays plats peu perméables, il faut pourvoir à l'écoulement. C'est ce qu'on fait au moyen de raies de travers : ces raies, ouvertes à la charrue ou à la bêche, sont plus profondes que les raies ordinaires ; elles coupent les planches soit normalement, soit en biais, et recueillent par conséquent le débit de toutes les parties creuses séparant les planches successives. L'eau de ces raies de travers ou rigoles est conduite dans des fossés de grandeur croissante et s'écoule vers les vallées par des pentes convenablement ménagées.

Ces opérations se font à simple vue, sans qu'il soit besoin de recourir à un nivelingement. Cependant, il est hors de doute qu'en bien des cas le cultivateur aurait intérêt à relever avec un niveau d'eau le relief des surfaces à assainir, et qu'il arriverait, grâce à un plan d'ensemble, à des résultats plus satisfaisants et plus économiques.

Les rigoles ont l'inconvénient de faire perdre à la culture la surface horizontale qu'elles occupent ; de plus, elles gênent la circulation des machines agricoles. Aussi, lorsqu'on est conduit à les multiplier outre mesure, on préfère leur substituer le drainage ou desséchement par voie souterraine, qui agit d'une manière plus active sur la constitution physique du sol. Mais le drainage est coûteux ; dans bien des cas, l'exécution des rigoles à ciel ouvert est suffisante pour l'assèchement et doit être préférée.

Bien que les projets de dessèchement par fossés et rigoles ne présentent pas de difficultés, nous donnons sur la figure 2 de la planche II le plan relatif à un projet de ce genre, dressé pour assainir un bois, limitrophe de la forêt d'Orléans, c'est-à-dire planté sur un sol argilo-sableux, à peu près imperméable.

La figure n'indique qu'une partie de la pièce à l'échelle de  $\frac{1}{100}$ , avec ses courbes de niveau dessinées de dix en dix centimètres d'altitude. Un cours d'eau naturel *esd* la traverse; c'est un ruisseau intermittent qui s'assèche en été et qui doit être fréquemment curé. L'assainissement peut se faire : 1<sup>o</sup> au moyen de fossés tracés le long des chemins et sur les limites de la propriété; 2<sup>o</sup> au moyen d'autres fossés, dont il convient d'arrêter avec soin le tracé. Pour trouver le plus de pente possible, ce qui permet de diminuer les sections et d'assurer un écoulement plus rapide, on dirigera les fossés principaux suivant les lignes de plus grande pente. C'est ainsi qu'on a établi les fossés *gf*, *bc*, *hd*, dont l'effet a été satisfaisant.

Il est à remarquer que l'assèchement des bois ne peut se faire que par des fossés et que l'emploi des tuyaux de drainage y est impossible, car ils ne tarderaient pas à être dérangés et obstrués par les racines des arbres.

Le projet complet d'assainissement pour une pièce de 13 hectares s'élevait à 725 francs, ce qui représente une dépense de 55 à 60 francs par hectare.

Des dispositions analogues peuvent être adoptées en bien des circonstances : s'il s'agissait de terrains exceptionnellement humides, on devrait compléter le système des fossés dirigés suivant les lignes de plus grande pente, par des rigoles tracées à peu près suivant les lignes de niveau.

L'ensemble de ce système est en usage en Angleterre, où on le connaît sous le nom de drainage à moutons (sheep drain).

Ainsi que l'a fait ressortir M. Belgrand dans ses études hydrologiques sur le bassin de la Seine, l'espèce bovine convient aux sols imperméables, et l'espèce ovine aux terrains perméables. — Il s'agit, bien entendu, d'animaux qui ne sont pas nourris à l'étable, mais qui doivent vivre toute l'année par la pâture qu'ils trouvent dans les champs. — En effet, les sols imperméables, et par conséquent humides, sont les seuls qui produisent les prairies naturelles et qui soient capables de nourrir les animaux de l'espèce bovine; l'espèce ovine, au contraire, trouve une alimentation suffisante en broutant les herbes des terrains perméables. Elle est du reste très-sensible à l'humidité et la pourriture se développe fréquemment dans les troupeaux de moutons qui séjournent sur des sols imperméables : c'est pour obvier à cet inconvénient que les Anglais établissent leur drainage à moutons.

Cependant il faut remarquer qu'un sol d'une excessive perméabilité ne donne pas aux moutons, pendant l'été, une nourriture suffisamment aqueuse, et qu'ils deviennent alors sujets à des coups de sang qui entraînent la mort. Dans les deux cas le remède est indiqué : la pourriture peut se combattre en faisant passer les troupeaux dans un pays perméable, et la disposition aux coups de sang s'atténue grâce à une nourriture plus aqueuse.

Ces considérations intéressantes nous ont paru se rattacher à la question des desséchements.

## DESSÉCHEMENT DES MARAIS PONTINS.

Les marais pontins planche III, s'étendent, au sud de Rome, le long de la mer Tyrrhénienne, qui les baigne à l'ouest et au sud. La côte tourne à angle droit de l'ouest au sud, et le sommet de l'angle est occupé par le mont Circé; le mont Circé était autrefois une île qui s'est reliée à la côte, grâce aux atterrissements et aux alluvions dont sont formés les marais pontins. En France, sur les côtes de la Manche, le mont Saint-Michel nous présente un effet analogue; à haute mer, il est encore entouré par les eaux, mais, avec le progrès des alluvions, il finira par se relier à la terre ferme. Dans le sens parallèle à la mer, de Cisterna jusqu'à Terracine, l'étendue du sol pontin est de 42 kilomètres; sa largeur est de 17 kilomètres; à l'est, les marécages finissent au pied du versant d'un rameau des Apennins.

L'action de la mer a formé sur le littoral une double ligne de dunes dont la présence gêne considérablement la marche, tant des eaux pluviales qui tombent dans le bassin pontin, que des eaux courantes qui le traversent descendant de la montagne.

Les eaux supérieures coulent dans huit ou dix lits principaux qui n'ont, à eux tous, qu'un seul débouché à la mer, en un lieu appelé Badino, à 5000 mètres au-dessus de Terracine. Les eaux rencontrent mille obstacles qui les empêchent d'arriver à ce débouché. On avait bien ouvert, autrefois, à travers les dunes du littoral, un canal ou fosse appelé Rio Martino; mais les émissaires de ce genre s'ensablent très-vite s'ils ne sont l'objet d'un entretien assidu.

A l'origine de l'histoire romaine, on voit le pays pontin habité par les Volsques; après la conquête, la transformation du pays en marécage marcha à grands pas. En l'an 442 de Rome, Appius Claudius fit construire, dans la longueur des marais pontins, la fameuse voie Appia, que les Césars réparèrent quelques siècles après.

Un desséchement, entrepris sous Théodoric, par le patrice Decius, aurait conduit, paraît-il, à de bons résultats. Quoi qu'il en soit, l'œuvre ne fut pas poursuivie au moyen âge; elle fut reprise, en 1777, par le pape Pie VI, qui y dépensa plusieurs millions.

Sous Napoléon I<sup>r</sup>, un projet définitif, rédigé après de longues études, fut présenté par de Prony, qui en a rendu compte, en 1818, dans un remarquable mémoire auquel nous empruntons les renseignements qui précèdent et ceux qui vont suivre.

Les sondages opérés dans le marais, sur son bord oriental, au pied de la montagne, à 16 kilomètres du rivage actuel, et poussés à 17 mètres au-dessous du niveau actuel de la basse mer, ont mis à jour, à cette profondeur, du sable marin, des coquillages et des débris de plantes marines. D'autres sondages, opérés sur des points plus rapprochés du mont Circé, ont donné le sable et les coquillages marins à une profondeur beaucoup moindre. Cette observation prouve bien: et que la mer a baigné le pied des montagnes qui limitent le côté oriental des marais, et que son fond s'abaissait sur un talus rapide à partir de la rive antique; la lagune pontine a donc pu offrir aux vaisseaux une rade fermée dont la passe principale était peu éloignée de l'emplacement qu'occupe Terracine et du débouché actuel de Badino.

La conséquence générale des faits ci-dessus rapportés est que le remplissage de la lagune pontine a été la suite naturelle et nécessaire de l'affluence de plusieurs fleuves et torrents qui, descendant des montagnes, ont entraîné dans leur cours une grande quantité de matières solides.

Les alluvions ont été d'autant plus abondantes, et leurs effets d'autant plus rapides, que les époques auxquelles elles ont eu lieu sont plus reculées, parce que les montagnes étaient plus garnies de terre, et en ont ensuite fourni de moins en moins à mesure que leur ossature s'est dépouillée.

L'étendue et l'épaisseur du sol tourbeux que renferme la plaine pontine prouvent, dit de Prony, la grande part qu'a eue la décomposition des plantes à son éxaussement; et cette cause d'atterrissement, dans un terrain où la végétation a une force extrême, est une des principales de celles auxquelles il faut attribuer l'état marécageux où cette plaine est restée. On a besoin du témoignage de ses yeux pour croire aux effets qu'ont sur l'écoulement de l'eau, et, par conséquent, sur sa hauteur, les obstructions des canaux par les plantes aquatiques. Nous avons vu des fauchaisons rapidement exécutées dans les fonds de ces canaux les faire baisser presque subitement d'un demi-mètre; et, d'après cette expérience, on conçoit aisément combien la végétation, abandonnée à elle-même, doit favoriser l'inondation sur un terrain d'une faible déclivité. Un canal ainsi purgé ne tarde pas à s'encombrer de nouveau, et c'est une guerre indispensable et continue qu'il faut livrer à la nature.

La première chose à déterminer dans un projet de dessèchement, c'est, suivant de Prony, le tracé de l'axe principal d'écoulement, c'est-à-dire de la ligne suivant laquelle l'écoulement sera le plus facile et le plus prompt; c'est la ligne principale de thalweg.

Si la surface à dessécher est un plan incliné, toutes les lignes de plus grande pente sont des axes principaux d'écoulement; si la surface est cylindrique ou conique, l'axe principal d'écoulement est la génératrice inférieure du cylindre ou du cône.

Suivant l'axe principal d'écoulement, on établit un canal central dont la fonction principale et presque exclusive est de conduire hors du sol à dessécher les eaux pluviales qui tombent sur sa surface.

Autant que possible, il faut écarter du canal central les eaux chargées de limon, afin d'éviter la formation des dépôts dans ce canal, qui, naturellement, doit être, sur la surface à dessécher, un de ceux dont la pente est la moindre, et qui ont, par conséquent, le plus de tendance à s'envaser.

Il ne faut pas cependant priver entièrement le canal central d'eaux courantes; car, s'il est réduit à ne recevoir que les eaux pluviales qui lui arrivent transversalement de la surface marécageuse, ces eaux pourront ne pas former un corps suffisant; l'intermittence de l'écoulement est toujours funeste: on sait combien les canaux qui restent à sec une partie de l'année sont sujets à s'encombrer et exigent de travaux coûteux d'entretien.

Il est donc convenable et nécessaire de jeter sur l'axe principal d'écoulement une certaine quantité d'eaux claires pérennes, qui servent de véhicule aux eaux pluviales arrivant de la surface marécageuse, et contribuent singulièrement à maintenir le canal central en bon état.

Il faut calculer, d'après les règles de l'hydraulique, les pentes et la section du canal central de telle sorte qu'il soit capable de débiter la quantité maxima d'eau qui puisse se présenter; mais cela ne suffit pas; il faut assurer, en outre,

L'arrivée au canal central de l'eau pluviale qui tombe sur le sol à dessécher, c'est là une condition essentielle à remplir.

L'eau pluviale, qui tend à arriver au canal central par la déclivité naturelle des marais, rencontre dans son cours des obstacles multipliés qui la retiennent si, sur une faible pente, elle a un trop grand espace à parcourir pour arriver à destination ; dans ce dernier cas, la surface sur laquelle l'eau pluviale se maintient stagnante reste marécageuse. Il faut donc recueillir les eaux de pluie qui tombent à une trop grande distance du canal central, dans des fossés auxiliaires, espacés de telle sorte que l'eau, tombant en un point quelconque du marais, ait toujours un récipient inférieur où elle puisse arriver avant que son mouvement soit éteint par les obstacles qu'elle rencontre sur cette surface.

Ces fossés auxiliaires rempliraient très-imparfairement leur but, si on les creusait perpendiculairement au canal central, c'est-à-dire dans le sens de la pente transversale en vertu de laquelle les eaux pluviales tendent à gagner le canal central ; la plus grande partie de la surface comprise entre deux fossés auxiliaires consécutifs n'en retirerait aucune utilité et continuerait à retenir ses eaux.

L'objet qu'on doit avoir ici en vue est de tirer le plus grand parti possible de la pente transversale, d'où il suit évidemment que le tracé le plus avantageux des fossés auxiliaires est celui qui leur fait faire les angles les plus petits avec le canal central.

Cette observation de de Prony ne doit pas être généralisée. Elle est vraie lorsqu'il s'agit de marais à sol imperméable ; s'il s'agit, au contraire, de marais à sol perméable, l'écoulement des eaux se fait souterrainement vers les fossés, et la puissance d'assèchement de ceux-ci dépend surtout de leur espacement.

Le principal élément du calcul des dimensions des canaux est la hauteur d'eau pluviale qui tombe sur le marais à dessécher ; grâce à l'organisation actuelle des services météorologiques, on possède de précieux renseignements sur la marche des pluies dans la plupart des régions. Les dimensions des canaux d'écoulement se calculent, non pas d'après la moyenne de la hauteur des pluies, mais d'après la hauteur qui tombe en un jour pluvieux. Il va sans dire que l'on ne prend point pour base ces pluies exceptionnelles qui se produisent avec une grande violence, mais qui sont rarement de longue durée.

Abstraction faite de ces cas extraordinaires, les eaux habituelles doivent être encaissées dans les canaux et y avoir leur surface au-dessous de la campagne, de manière à ne pas nuire à la végétation. Pour les terres susceptibles de produire des céréales, l'abaissement doit être d'un demi-mètre au moins.

Les dispositions précédentes s'appliquent aux eaux pluviales du marais ; il faut s'occuper aussi des eaux courantes pérennes qui proviennent soit des sources, soit des versants du bassin. En ce qui touche les sources qui se rencontrent dans le bassin même, on les jette dans le canal central. — Les sources importantes se trouvent généralement à la base des versants, et il est facile de les réunir aux eaux torrentielles qui en descendent : la plus grande cause d'inondation du marais est précisément dans ces eaux torrentielles qui rencontrant un terrain plat s'y étalement et y divaguent. — A moins qu'il ne s'agisse d'eaux chargées d'un limon fertile et qu'on ne veuille dessécher le marais en l'exhaussant par un colmatage, les eaux des versants du bassin marécageux ne doivent pas être reçues dans le bassin lui-même, mais en être détournées par un canal de ceinture leur donnant un écoulement spécial.

Ce sont ces principes que de Prony appliqua dans son projet de dessèchement

des marais pontins : les anciens ingénieurs tenaient à l'idée séduisante d'avoir un émissaire unique pour les eaux tant intérieures qu'extérieures au bassin et cet émissaire unique devait être le canal Pio, qui borde la voie Appia. — Le canal Pio est bien dirigé suivant l'axe principal d'écoulement, mais il ne peut suffire à la fois à l'écoulement des eaux des versants et des eaux du marais pontin. — De Prony créait pour les eaux extérieures au bassin deux émissaires : l'un desservait la zone orientale, c'était l'ancien lit de la Ninfà dans lequel on jetait les eaux du torrent de Sermonetta, il se continuait entre la voie Appia et le passo San Donato, sous les noms de canal della Mola et de Rio Francesco, et allait ensuite à la mer sous les noms de Fiume Sisto et de canal delle Volte ; l'autre émissaire desservait la zone occidentale et venait se joindre au précédent.

A l'extrémité orientale des marais, on trouvait deux fleuves, l'Amazeno et l'Ufente ; le lit du premier a été creusé et dirigé au travers d'un terrain bas et très-marécageux, appelé Pantano d'Inferno : le second a été changé et est venu rejoindre l'Amazeno sous le pont Maggiore, d'où toutes les eaux réunies vont se rendre au portatore qui les conduit au débouché général de Badino.

En ce qui touche les eaux intérieures du bassin, de Prony réservait au canal Pio la fonction exclusive de les conduire jusqu'au portatore de Badino.

Nous n'entrerons pas plus avant dans la description des travaux projetés, puisqu'ils ne furent point suivis d'exécution. Nous avons cru devoir analyser le mémoire de de Prony, parce que les principes posés par lui ont reçu depuis de nombreuses applications.

#### DESSÉCHEMENT DES MARAIS ENTRE BEAUCAIRE ET AIGUES-MORTES.

La figure 1 de la planche IV est un plan du canal de Beaucaire à Aigues-Mortes et des marais qui l'avoisinent, principalement de ceux qui sont compris entre le canal et le petit Rhône.

Le canal de Beaucaire à Aigues-Mortes fut commencé en 1773 et terminé sous le premier Empire par MM. les ingénieurs Grangent père et fils. Il avait pour but principal d'affranchir le commerce de la navigation difficile et dangereuse du petit Rhône.

Le bassin marécageux qui nous occupe est limité au nord par le canal de Beaucaire à Aigues-Mortes, à l'est et au sud par les digues insubmersibles établies le long du Rhône depuis Beaucaire jusqu'à Silvéréal, à l'ouest par les francs bords des canaux du Bourguibou et de la Radelle.

Nous ne considérerons que les marais au sud du canal, qui se divisent en deux classes : les marais supérieurs entre Beaucaire et Saint-Gilles, et les marais inférieurs s'étendant de Saint-Gilles jusqu'à une ligne pointillée allant du petit Rhône au canal en passant au nord de l'étang du Lairau. Le projet que nous étudions en ce moment est celui que M. l'ingénieur en chef Grangent a décrit dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1832.

Les marais supérieurs, d'une superficie de 6055 hectares, ont été d'abord mis à l'abri de l'afflux des eaux, qui s'écoulent des versants environnants et ce résultat a été obtenu au moyen d'une digue et d'une rigole de ceinture. — Cette

rigole de ceinture s'appuie sur le canal au point *a*, elle contourne les marais et vient se rattacher au canal au pont d'Arles en avant de Bellegarde. — Au point *b*, elle se bifurque et se prolonge jusqu'à la limite du territoire de Saint-Gilles, de manière à enceindre les surfaces marécageuses comprises entre Bellegarde et Saint-Gilles.

Les terrains ainsi protégés par la digue ne reçoivent plus que les eaux pluviales ; il est facile de les assécher au moyen de fossés conduisant ces eaux dans le canal.

La digue de ceinture est flanquée d'un canal d'évacuation qui reçoit les eaux des terres cultes supérieures et les conduit dans le canal et dans le contre-canal méridional juxtaposé au canal principal ; l'évacuation s'opère au moyen de déversoirs ménagés au-dessous de l'écluse de Nourriguier, au pont d'Arles, au dessous de l'écluse de Broussan, et aux limites des territoires de Bellegarde et de Saint-Gilles.

Lorsque des pluies exceptionnelles menacent d'inonder les terres cultes au-dessus de la digue de ceinture, on ouvre des vannes ménagées dans cette digue, et les parties autrefois marécageuses se trouvent inondées d'une manière passagère ; quand l'humidité cesse, l'assèchement est rapidement obtenu de nouveau.

Ce desséchement a eu le plus grand succès, dit M. Grangent, dans son mémoire.

En ce qui touche les marais inférieurs, leur desséchement présentait beaucoup plus de difficultés : leur sol est, en effet, peu élevé au-dessus des basses eaux de la mer et en quelques parties il est même au-dessous du niveau de la mer. Dans ces conditions, l'opération de desséchement se présentait mal au point de vue économique ; aussi n'a-t-elle pas été abordée.

**Généralités sur les marais du littoral de la Méditerranée.** — M. l'ingénieur Duponchel, dans divers mémoires insérés aux *Annales des ponts et chaussées* et dans son *Traité d'hydrologie*, a examiné avec le plus grand soin la question des marais et des étangs du littoral de la Méditerranée. Les principales observations, présentées par M. Duponchel, trouveront ici leur place naturelle.

Les atterrissages du littoral méditerranéen, à l'ouest du Rhône, sont dus aux masses énormes de limons charriés par ce fleuve et entraînés par le courant littoral qui dans la Méditerranée existe de l'est à l'ouest.

Ce courant, dirigé de l'est à l'ouest, a laissé vers sa droite, dans les dépressions du continent, des masses d'eaux stagnantes qui bientôt se sont trouvées séparées de la pleine mer par des dépôts ou cordons littoraux de forme régulière.

Les lagunes ainsi isolées de la haute mer par les cordons littoraux, en partie atterries par les divers cours d'eau qui s'y jettent, constituent, dit M. Duponchel, nos plaines les plus fertiles, en même temps que les marais et les étangs de notre littoral.

Loin de l'embouchure des rivières limoneuses, ces étangs ont en partie conservé leur profondeur première et, comme l'étang de Thau, forment des nappes navigables, communiquant avec la Méditerranée par un petit nombre de coupures soit permanentes, soit accidentnelles qui, sous le nom de graus, établissent un équilibre de niveau entre les deux masses d'eau.

Mais, pour le plus grand nombre, ces étangs ont été peu à peu atterris et comblés par les rivières et les torrents qui descendent en grand nombre des dernières chaînes des montagnes des Cévennes.

Suivant l'énergique expression de Prony, c'est la chaire des montagnes

que les eaux entraînent et qui vient combler les dépressions des plaines.

**Action du sel.** — En fait de desséchement dans les pays méridionaux, il est une question qui prime tout, c'est celle du dessalement du sol. M. Duponchel l'expose en ces termes.

« Tous les terrains qui se sont trouvés, à une époque même très-reculée, en contact avec la mer restent imprégnés de sel marin, qui, suivant les conditions atmosphériques, produit des effets très-différents.

Sous le climat toujours humide et brumeux des contrées du Nord, le sel, constamment dissous par un excès d'eau pluviale, s'écoule et s'infiltra dans le sol et ne produit aucun effet fâcheux pour la végétation, qu'il accélère même quelquefois.

Il en est tout autrement sous le climat plus sec des départements bordant la Méditerranée, et en général de toutes les contrées où l'évaporation naturelle est supérieure à la quantité d'eau pluviale.

Ce résultat est dû à l'action d'une loi physique connue sous le nom de *capillarité*, en vertu de laquelle, contrairement aux lois générales de la pesanteur, les liquides s'élèvent au-dessus de leur niveau naturel, dans les tubes de très-petite dimension, et par suite dans les corps poreux qui peuvent être considérés comme une agglomération de tubes capillaires.

Tous les terrains, surtout lorsqu'ils sont en culture, étant plus ou moins poreux, se trouvent dans des conditions propres à produire le phénomène de la capillarité. Dès que, par l'évaporation, l'eau qui remplissait une partie des pores supérieurs vient à disparaître, l'eau des couches inférieures, remontant dans ces pores ou tubes capillaires, arrive à la surface, où elle s'évapore à son tour, et est nécessairement remplacée par le liquide des couches plus basses. Si, dans de telles conditions, cette eau contient une quantité notable de sel, comme cela a lieu dans les terrains marécageux du littoral, il se dépose naturellement à la surface du sol en couches cristallisées qui s'opposent à toute végétation.

Avant de mettre en culture un terrain desséché, il est donc nécessaire de le dessaler ; mais cette opération présente des difficultés qu'on n'a jamais pu surmonter jusqu'ici d'une manière complète.

Il ne suffirait pas, comme beaucoup de personnes sont malheureusement disposées à le croire, de quelques irrigations, du passage plus ou moins rapide d'un courant d'eau douce, pour se débarrasser du sel contenu dans le sol. Si nous nous représentons en effet la surface d'un marais recouvert de la croûte saline dont nous venons d'expliquer la formation, on comprendra que la première eau qui tombe doive dissoudre cette couche de sel et pénètre avec elle dans les conduits capillaires, où, par l'effet de sa plus grande pesanteur, elle est retenue jusqu'à ce qu'une nouvelle évaporation superficielle la ramène à la surface.

C'est donc toujours la même quantité de sel qui reparait au jour pendant les grandes chaleurs de l'été, qui redescend dans les profondeurs du sol aux premières pluies d'automne, sans que de grandes submersions d'hiver puissent en entraîner une proportion notable.

Cette ascension du sel des couches inférieures est en quelque sorte proportionnelle à l'excès de l'eau évaporée sur l'eau pluviale tombée pendant l'année. Dans les pays où cet excès est considérable, comme sur le littoral du Languedoc et de la Provence, la montée du sel rend toute culture impossible ; dans les contrées humides, au contraire, l'excès d'eau pluviale qui s'infiltra dans le sol tend à éloigner de plus en plus le sel de la surface des terrains nouvellement desséchés, et permet de les cultiver presque immédiatement.

La théorie que nous venons d'exposer, et qui est connue depuis longtemps, ne repose pas sur une vaine hypothèse ; les résultats n'en sont que trop confirmés par une multitude de faits faciles à vérifier.

C'est ainsi que dans un grand nombre de nos marais, couverts d'une épaisse couche de sel en été, les eaux sont à peine saumâtres pendant l'hiver.

Sur les bords du Rhône, sur ceux de l'Aude, de vastes plaines qui depuis deux siècles sont à l'abri de l'irruption des eaux de la mer, et périodiquement couvertes et lavées par des torrents d'eau douce, n'en sont pas moins sujettes à cette action du sel, qui remonte de profondeurs considérables ; qui, dans bien des endroits, ne tarde pas à traverser, quelle qu'en soit la hauteur, les nouvelles couches d'alluvions dont ces terrains sont parfois recouverts, sur une forte épaisseur, à la suite d'une grande inondation.

Il ne suffirait donc pas de dessécher un de nos marais du littoral pour pouvoir le mettre en culture. Tant qu'on ne sera pas parvenu à le dessaler entièrement, on n'aura obtenu qu'un résultat à peu près nul.

Cette opération du dessalétement, qu'on nous passe ce néologisme, est-elle tout à fait impraticable ? Nous ne le pensons pas.

Des essais tentés, quoique d'une manière fort incomplète, sur quelques points de la Camargue, nous ont mis sur la voie d'un procédé qui, appliqué d'une manière convenable, doit donner un succès infaillible : nous voulons parler du drainage des marais.

On conçoit, en effet, que lorsqu'une terre convenablement drainée vient à être fortement imbibée par les pluies, l'excédant d'eau qui s'infiltre de haut en bas à travers les pores du terrain doit s'écouler par les tuyaux de drainage, chargée d'une notable partie du sel. Si, à part les pluies, on peut encore disposer d'irrigations artificielles, si surtout on peut faire alternativement pénétrer et ressortir les eaux par les tuyaux de drainage, il se produit nécessairement, dans tous les pores du sol, un double courant qui doit promptement débarrasser le terrain du sel qui s'y trouve contenu dans toute l'étendue d'action des tuyaux de drainage. »

#### DESSÉCHEMENT DE L'ÉTANG DU POURRA.

L'étang du Pourra, figure 1 planche II, fait partie d'un groupe de plusieurs étangs compris entre l'étang de Berre, la Méditerranée et la plaine de la Crau.

Sa superficie est de 140 hectares, il est voisin de plusieurs communes et particulièrement de la commune de Sainte-Mitre, qui recevait par les vents du sud-ouest les émanations pestilentielles et qui était ravagée par les fièvres. Aux époques d'épidémie, pendant l'été, il y avait 1100 malades sur 1200 habitants de ce malheureux village.

En 1562, l'étang de Pourra faisait partie du domaine royal ; en 1566, il fut concédé par Charles IX à un seigneur Caderet, à la charge de le dessécher et de le mettre en culture. — En 1777, le desséchement fut effectué, mais les galeries d'évacuation furent bouchées quelques années après, et ce n'est qu'après 1840 qu'on arriva à faire disparaître définitivement le foyer d'infection.

M. l'ingénieur Vallès a publié dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1855 une intéressante notice hydrographique et topographique sur le groupe d'étangs

dont fait partie celui qui nous occupe. C'est à cette notice que nous puiserons les renseignements qui vont suivre.

Le groupe des étangs est enfermé entre l'étang de Berre, la Méditerranée et la plaine de la Crau.

L'étang de Berre, dépendance de la Méditerranée, lui est relié par le canal de Caronte, d'environ 1 kilomètre de large et de 7 kilomètres de long, lequel s'étend du port de Bouc à la ville des Mårtigues.

La Crau est une immense plaine stérile de cailloux roulés, dont la moindre dimension est de 20 kilomètres, témoignage imposant de l'intensité des courants qui ont sillonné l'écorce terrestre. La côte moyenne de la Crau, qui est uniformément inclinée vers la mer, est de 32 mètres. Quelques parties de la Crau sont devenues très-fertiles, grâce aux colmatages opérés avec les eaux troubles de la Durance.

La langue de terre comprise entre la Crau et l'étang de Berre porte diverses collines élevées de 40 à 50 mètres au-dessus du niveau de la mer, et formant huit bassins annulaires ou cuvettes à contour elliptique : dans chaque cuvette existait un étang.

L'étang de Mégrignan a été desséché grâce à un souterrain *h h* de 500 mètres de longueur qui débouche dans l'étang de Berre à un niveau inférieur à celui du fond de l'étang de Mégrignan. La surface de Mégrignan est livrée maintenant à la culture.

L'étang du Pourra, dont nous avons dit plus haut la pernicieuse influence sur les villages voisins, est aujourd'hui desséché, et les eaux qu'il reçoit s'égouttent dans l'étang d'Engrenier par un souterrain de 600 mètres de long.

L'étang d'Engrenier, dont les eaux saumâtres marquent 9 à 10° à l'aréomètre, est séparé de l'étang de la Valduc par une langue de terre sablonneuse et très-basse appelée le plan d'Aren ; c'est sur ce plan que sont établies des salines et des fabriques de soude.

L'étang de Fos communique avec la mer par filtration à travers la colline sablonneuse qui les sépare.

L'étang de la Valduc, le plus grand et le plus important, n'e communique pas avec la mer ; il est alimenté par les sources et les puits ; sa salure varie suivant les saisons de 13° à 22° à l'aréomètre, tandis que la salure des eaux de la mer sur les côtes est de 1° 1/2 à 2° 1/2. — Cet étang est donc précieux au point de vue industriel, mais la vie végétale ou animale y est impossible.

L'étang de Citis reçoit les eaux salées de l'étang de la Valduc par un souterrain double *c d*, et ces eaux alimentent les salines, dont le produit est transporté au port du Ranquet par une voie ferrée *e e* établie en souterrain.

L'étang de Rassuen est aussi une saline dans laquelle des pompes à vapeur envoient de l'eau puisée à l'étang de la Valduc.

L'étang d'Istres est mis en communication avec la mer par un souterrain *a a*, de sorte que son niveau demeure sensiblement constant, quelle que soit l'intensité des pluies, et les parties basses de la ville d'Istres ne sont plus submergées comme autrefois.

De ce qui précède, il résulte que les étangs de Mégrignan, du Pourra et de Rassuen ont leur fond au-dessus du niveau de la mer. Les étangs de Fos et d'Istres sont au même niveau que la mer. Quant aux trois autres étangs, Engrenier, la Valduc et Citis, leurs eaux sont au-dessous de celles de la mer ; le fond de la Valduc descend jusqu'à 16 mètres au-dessous du niveau de la mer, et celui d'Engrenier jusqu'à 11<sup>m</sup>,50. La concentration des eaux salées de l'étang de la

Valduc tient à l'importance de l'évaporation sous le climat méridional : l'évaporation n'enlève que de l'eau douce ; les pertes ne sont pas réparées par la pluie, et l'eau salée, provenant soit des sources, soit de l'eau de mer qui a primitive-ment rempli les étangs, se concentre peu à peu.

#### DESSÈCHEMENT DES MARAIS DE BOURGOIN (ISÈRE).

Les marais de Bourgoin s'étendent dans la vallée du Guiers et de la Bourbre ; ces vallées, qui se terminent toutes les deux au Rhône, lequel a décrit une boucle dans l'intervalle, sont dans le prolongement l'une de l'autre et séparées par un plateau qui est leur ligne de faite. L'ensemble des vallées a une longueur d'environ 60 kilomètres avec une largeur moyenne de 1200 mètres, d'où une superficie de 7200 hectares de terrains marécageux.

L'existence des marais tenait non à l'absence de pente, car la pente de la vallée est toujours de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,60 par kilomètre, mais à l'insuffisance du débouché des rivières ; lors des grandes eaux, la vallée entière était submergée, et, les berges étant toujours plus élevées que les parties latérales, l'écoulement ne se faisait plus, les parties latérales conservaient une eau stagnante et se transformaient en marécages.

Les chaleurs de l'été changeaient ces marécages en un amas de vases corrompues dont les miasmes pestilentiels décimaient les populations voisines.

Les marais de Bourgoin étaient jadis une propriété domaniale que Louis XIV concéda à Turenne ; le desséchement ne fut réellement entrepris que sous le premier Empire et terminé vers 1814.

Le système de desséchement comprend deux grands canaux, qui ont eu pour effet de redresser et de canaliser les rivières principales, la Bourbre et le Céylan. — Les sections sont calculées en raison des variations du volume des eaux et des variations de la pente. — Sur les deux grands canaux se ramifient des canaux secondaires dont la largeur varie de 3 à 6 mètres. Il existe environ 200 kilomètres de canaux de toute nature.

Malheureusement, les travaux primitifs furent abandonnés à eux-mêmes, et avec le défaut d'entretien les inondations d'hiver reparurent ; les terres conquises menaçaient de revenir à l'état de marécages. — Un syndicat dut être organisé pour assurer l'entretien, chose capitale dans les travaux de ce genre ; si l'entretien est négligé, les plus belles entreprises de desséchement ne tardent pas à dépérir.

#### ASSAINISSEMENT DES LANDES DE LA GIRONDE.

Dans notre *Traité de Géologie*, nous avons dit les causes de la formation des landes de la Gascogne, qui s'étendent le long de l'Océan, entre la Gironde et l'Adour, et qui sont séparées de la mer par des dunes en arrière desquelles on trouve des surfaces marécageuses et des étangs. — Les dunes ont été fixées par les plantations de sapins, suivant les indications de Brémontier ; mais les landes restaient toujours insalubres, et il fallait les assainir en ménageant aux eaux un

écoulement suffisant. C'est ce qui a été fait depuis 1850 : la description des travaux se trouve dans les notices recueillies à l'occasion de l'Exposition universelle de 1867. Nous allons la reproduire ici :

« *Exposé préliminaire.* — Toute l'étendue de terrains connue sous le nom de *Landes*, qui se trouve comprise entre la mer et les vallées de la Garonne et de l'Adour, présente une superficie d'environ 8000 kilomètres carrés, dont la presque totalité, en 1850, était encore inculte et inhabitée. On n'y trouvait de loin en loin que quelques chaumières isolées et quelques bouquets de pins inaccessibles l'hiver, par suite de l'inondation des terrains environnans.

Depuis longtemps de nombreux essais avaient été faits pour la mise en culture de cet immense désert, mais ils avaient tous échoué devant l'insalubrité du pays et la stérilité du sol.

En 1849, à la suite de plusieurs années d'études, il fut constaté qu'on pourrait assainir toute cette vaste étendue de terrains marécageux par des travaux fort simples, d'une dépense très-minime eu égard à la grandeur des résultats à obtenir, et que cet assainissement aurait pour effet de donner à ces terrains, jusque-là si stériles, une fertilité extraordinaire, qui permettrait de les mettre de suite en culture forestière, moyennant une très-faible dépense.

Les premiers résultats obtenus par des essais pratiques furent reconnus si concluants, qu'une loi fut rendue, le 19 juin 1857, pour prescrire l'application de ces travaux d'assainissement et de mise en valeur à toutes les landes communales des deux départements de la Gironde et des Landes, qui forment la plus notable portion des landes incultes et malsaines.

*Dispositions générales, objet et utilité des travaux.* — Les landes constituent un vaste plateau presque entièrement horizontal, composé d'un sol maigre et sablonneux, sans aucune trace d'argile ou de calcaire, d'une épaisseur de 0<sup>m</sup>,60 environ, reposant sur un sous-sol impénétrable.

Il n'existe sur le plateau aucune source, aucune trace d'eau à la surface pendant l'été ; mais en hiver, au contraire, les eaux pluviales, si abondantes sur ces côtes de l'Océan, s'abattent pendant plus de six mois sur le plateau, et n'y trouvent ni écoulement intérieur, ni écoulement superficiel ; elles y restent stagnantes jusqu'à ce qu'elles aient été évaporées par les chaleurs de l'été. Ainsi, l'inondation permanente l'hiver, la sécheresse absolue d'un sable brûlant l'été, tels sont les caractères principaux du terrain.

Qu'on se figure maintenant l'effet de ce passage continu d'une inondation de six mois à une longue sécheresse, et on aura l'idée de la stérilité du sol pour toute culture, et de son insalubrité pour les animaux et les malheureux habitants ; on comprendra quels mécomptes devaient accompagner tous les essais tentés avant qu'on eût pensé à y faire disparaître ces deux causes si nuisibles à tout développement agricole.

*Description des travaux.* — Les travaux d'assainissement et de mise en valeur exécutés par les ingénieurs se sont étendus dans la Gironde sur 49 communes et comprennent une superficie de 106 616 hectares.

Une surface plus considérable a été assainie et ensemencée par les propriétaires.

Les travaux exécutés par l'administration pour les landes communales comprennent une longueur de voies d'écoulement de 925 kilomètres sur lesquels se trouvent 635 kilomètres de canaux neufs et 290 kilomètres de cours d'eau améliorés et élargis.

Les canaux, tracés suivant la ligne de plus grande pente du plateau, ont une

largeur moyenne de 5 à 6 mètres au plafond et une pente de 0<sup>m</sup>,002 à 0<sup>m</sup>,004 par mètre.

Pour la partie des landes qui se trouve sur le versant de l'Océan et dont les eaux sont arrêtées par la chaîne des dunes qui longe le littoral, sur une longueur non interrompue de 100 kilomètres, il a été nécessaire d'ouvrir un vaste collecteur de 12 mètres de largeur au plafond, reliant les différents étangs et desséchant tous les marais situés au pied de ce versant, tout en assurant l'écoulement de toutes les eaux du versant.

La totalité des dunes de la Gironde ayant été entièrement fixée depuis 1863, et se trouvant couverte aujourd'hui d'une belle végétation forestière, on a pu ouvrir ces canaux sans craindre l'ensablement par la marche des dunes. Ils fonctionnent aujourd'hui et débiterent en moyenne 10 mètres d'eau par seconde.

*Dépenses et résultats.* — Le montant total des dépenses pour les travaux d'assainissement des landes communales de la Gironde ne s'élève qu'à 700 000 francs, ce qui fait à peu près 7 francs par hectare.

Les travaux d'ensemencement n'ont pas dépassé 8 francs par hectare, soit pour les 106 616 hectares, 852 928 francs.

Ce qui fait un total de 1 552 928 francs.

Il n'a été rien demandé sur cette somme ni à l'État ni au département. Les communes ont couvert elles-mêmes la totalité de la dépense avec le produit de la vente d'une très-faible partie de leurs landes communales assainies.

Dans le rapport à l'appui du projet de loi de 1857, en vertu duquel ces travaux ont été exécutés, on avait évalué à 33 francs le revenu d'un hectare de landes assainies et ensemencées à 25 ans.

Les exploitations qui ont eu lieu dans ces dernières années ont prouvé que ce chiffre était toujours dépassé, et que souvent il était même doublé ; en admettant seulement ce chiffre minimum de 33 francs, cela donnera un revenu d'au moins 3 518 000 francs, qui ira toujours en augmentant à partir de 25 ans, pour une dépense de 1 552 928 francs, faite sur un terrain précédemment sans valeur.

Les résultats hygiéniques qu'il était également indispensable de réaliser pour assurer l'exploitation du pays n'ont pas été moins grands.

Une enquête officielle faite en 1865 a établi que les fièvres qui ravageaient précédemment les landes avaient disparu, et que l'état sanitaire y était aujourd'hui aussi satisfaisant que dans les pays les plus sains de France.

Cette enquête a constaté encore que depuis l'ouverture des canaux d'assainissement, l'augmentation du nombre des naissances sur celui des décès avait suivi une progression croissante régulière, et qu'en 1865 elle était de 44 pour 100 en faveur des naissances.

Les travaux d'assainissement et de mise en valeur des landes de la Gironde ont été commencés sous la direction de MM. Malaure, ingénieur en chef, et Chambrelent, ingénieur ordinaire, et terminés sous la direction de MM. Chambrelent, ingénieur en chef, et Lemoine, ingénieur ordinaire. Ils ont été surveillés par M. Courret, conducteur des ponts et chaussées. »

Dans un rapport présenté à M. le ministre des travaux publics en 1856, M. l'ingénieur en chef Chambrelent fait ressortir quelques considérations intéressantes qui complètent la notice précédente.

Le terrain sablonneux des landes est sous un climat des plus favorables à la végétation. L'air y est très-vif ; il y règne, dès le mois de mars, un soleil chaud et fécondant ; de mars à mai, il y tombe des pluies fréquentes. L'eau de ces pluies est arrêtée à la surface du sol ; aussi, malgré les excellentes conditions cli-

matériques, les semis de glands ne peuvent réussir, parce que la chaleur nécessaire à la germination est absorbée par l'évaporation de l'eau. La germination n'arrive qu'en juillet, mais le plant naissant est brûlé par le soleil. Les pins arrivaient à germer, mais les plants ne profitait pas de la chaleur, ils restaient jaunes et souffreteux. Au contraire, avec un terrain assaini, que les pluies du printemps ne font que traverser, la germination se fait à l'époque voulue, et les plants jetent de toutes parts leurs racines dans un sol léger et divisé ; ils ne tardent pas à prendre un développement rapide. — C'est surtout dans les parties basses, autrefois les plus mauvaises pour la végétation, que celle-ci se développe avec le plus de vigueur ; en effet c'est là que s'est accumulé l'humus entraîné par les eaux.

Les fossés des landes constituent un véritable drainage du sol, drainage extérieur ; ce système, qui ne conviendrait pas aux terres argileuses et compactes et qui a l'inconvénient de manger une grande partie du sol, était parfaitement approprié aux sables légers des landes, reposant sur une assise imperméable. Les fossés même sont un avantage, car ils permettent à l'air d'entourer les plantations, et en cas d'incendie, ils circonscrivent le fléau.

Une grande cause d'insalubrité des landes était le manque de bonne eau potable ; autrefois, on creusait un trou dans le sable et on en faisait une fontaine donnant une eau froide en hiver, chaude en été, chargée en tout temps de toute espèce de détritus et funeste à la santé. Mais, en descendant à une dizaine de mètres de profondeur, au-dessous de la première couche d'argile, des puits en maçonnerie dans lesquels on ne laisse point pénétrer la première couche d'eau superficielle, on arrive à des nappes dont l'eau, filtrée par son voyage souterrain, possède une température constante. Avec 500 francs de dépense, on est arrivé à construire ainsi des puits donnant une eau fraîche et limpide, et ç'a été pour la population un immense bienfait.

#### TRAVAUX D'AMÉLIORATION DE LA DOMBES.

A côté de l'assainissement des landes de la Gironde, il faut placer l'assainissement de la Dombes, vaste plateau situé dans le département de l'Ain.

Le volume rédigé par le ministère des travaux publics à l'occasion de l'Exposition universelle de 1873 renfermait la notice suivante sur les travaux d'assainissement de la Dombes :

*Situation.* — La Dombes, formée d'une partie des arrondissements de Bourg et de Trévoux (Ain), est située sur un vaste plateau s'inclinant vers le nord-ouest, et limitée par le Rhône, la Saône, l'Ain et les prairies de la Bresse.

*Nature du sol.* — Le sol de la Dombes a une profondeur moyenne de 30 centimètres ; il est d'une composition suffisamment dotée en alumine, pauvre en calcaire et riche en silice et en fer. Le sous-sol, un peu plus argileux, un peu plus calcaire, est presque aussi riche que le sol en matières organiques.

*Origine et développement des étangs.* — La plupart des étangs de cette contrée sont de création assez moderne ; il n'y en avait pas au quatorzième siècle au centre de la Dombes, là où ils sont aujourd'hui si nombreux. C'est à partir de cette époque que leur nombre s'accrut rapidement à la suite des guerres féodales qui déclimèrent la population de la Bresse et de la Dombes.

L'ancien système de culture, fondé sur la jachère labourée, n'était plus possible alors; les bras faisaient défaut. La culture des étangs, c'est-à-dire la jachère en eau, lui fut substituée, afin de rétablir l'équilibre entre le travail à faire et les forces disponibles. La rigueur de l'abstinence à cette époque, le grand nombre de communautés religieuses, la fréquence des disettes assuraient d'ailleurs au poisson un écoulement rapide et un prix élevé. Aussi la création des étangs fut-elle l'objet de puissants encouragements. Tout particulier avait le droit d'élever une chaussée sur son fonds et d'inonder les terrains supérieurs, à la charge de laisser aux possesseurs de ces fonds la jouissance du sol durant l'assèche, les droits de brouillage et de champéage durant la culture en eau, et de leur payer en outre une indemnité réglée par arbitre.

*Etendue des étangs.* — Le pays d'étangs a une surface de 112 725 hectares, non compris les cours d'eau et les chemins; sur cette superficie les étangs occupaient une contenance de 19 215 hectares; comme ils restent habituellement deux ans en eau et un an en culture ordinaire, la surface annuellement inondée dans la Dombes pouvait être évaluée à plus de 12 000 hectares.

*Voies de communication avant la création du service de la Dombes.* — A l'exception des routes nationale n° 8 et départementale n° 19, qui traversaient le centre du pays d'étangs, et des routes départementales n° 3 et 17 qui longeaient la Dombes, les chemins de cette contrée, avant 1853, étaient impraticables. Comme ils étaient généralement creusés en contre-bas du sol, sans empierrement, sans fossés d'écoulement, les eaux de pluie y séjournait la plus grande partie de l'année.

*Routes agricoles.* — En 1853, l'administration supérieure créa un service spécial de la Dombes confié aux ingénieurs des ponts et chaussées, et ayant pour mission d'étudier et de proposer les mesures propres à assainir ce malheureux pays.

Les habitants de la Dombes sont obligés de venir chercher à Bourg, à Vonnas, sur les rives de la Saône, du Rhône et de l'Ain, les fumiers, la chaux, les cendres et les amendements de toute sorte. Dans l'état où se trouvaient les voies de communication, le transport de ces produits était le plus souvent impossible ou trop onéreux; il fallait donc avant tout s'occuper de cette grave question de viabilité.

En 1854, le gouvernement décida la création d'un réseau de quinze routes d'une longueur totale de 242 kilomètres, et un décret du 15 mai 1869 autorisa l'exécution d'un deuxième réseau de quinze nouvelles voies destinées à compléter l'œuvre de transformation à laquelle le premier réseau a surtout donné naissance. Ces quinze nouvelles routes ont une longueur totale de 121<sup>k</sup>,715.

Les lignes terminées représentent aujourd'hui :

Une longueur de . . . . .	245 <sup>k</sup> ,872
Celles en cours d'exécution une longueur de . . . . .	62 <sup>k</sup> ,096
Et celles non commencées s'étendent sur. . . . .	55 <sup>k</sup> ,747
Total. . . . .	363 <sup>k</sup> ,715

Les communes intéressées fournissent les terrains et exécutent les terrassements; l'État construit les ouvrages d'art et la chaussée d'empierrement. Les dépenses faites par l'État pour l'achèvement des 245<sup>k</sup>,872 de chemins livrés à la circulation se sont élevées à 1,018,259 fr. 80 c., soit 4 fr. 14 c. par mètre courant.

*Chemin de fer de Bourg à Lyon, par la Dombes.* — Si de nombreuses routes de terre étaient indispensables à la transformation agricole de la Dombes, sa situation tout exceptionnelle exigeait aussi des moyens plus puissants et plus économiques pour le transport des amendements et des engrais. En 1862, les ingénieurs étudièrent un projet de chemin de fer de Lyon à Bourg en traversant la Dombes diagonalement, et le 1<sup>er</sup> avril 1863, ce chemin de fer fut concédé à une compagnie moyennant une subvention de l'État de 3,750,000 francs.

Cette compagnie fut également chargée, au moyen de traités amiables passés avec les propriétaires, de dessécher et de mettre en valeur 6000 hectares d'étangs, moyennant une deuxième subvention de 1,500,000 francs, soit 250 francs par hectare.

*Puits publics.* — Les anciens puits de la Dombes sont peu profonds et fournissent des eaux de mauvaise qualité, qui sont une des causes morbifiques chez l'habitant de la contrée.

L'administration supérieure veut bien accorder aux communes de la Dombes qui en font la demande des subventions applicables à des travaux d'établissement ou d'approfondissement de puits publics. L'importance de la subvention est fixée aux trois quarts de la dépense des travaux qui s'exécutent d'après les projets et sous la surveillance des ingénieurs; 28 puits sont déjà construits dans 27 communes différentes, la dépense totale s'est élevée à 49,285 fr. 39 c.

*Desséchement des étangs.* — La compagnie du chemin de fer de la Dombes doit, aux termes de la convention ci-dessus précitée du 1<sup>er</sup> avril 1863, dessécher et mettre en valeur 6000 hectares d'étangs. Cette opération marche très-régulièrement sous le contrôle des ingénieurs. La compagnie a déjà desséché 434 étangs, d'une superficie totale de 4813 hectares 41 ares 43 centiares, et reçu en conséquence de l'État une somme de 1,200,000 francs, correspondant à une surface mise en valeur de 4800 hectares.

*Curages.* — Il y a vingt ans le lit des cours d'eau de la Dombes était obstrué; la retenue des moulins était trop élevée, et par suite les terrains bordant la rivière étaient, pour la plupart, transformés en marais. Dès la création du service de la Dombes, les ingénieurs s'occupèrent de la réglementation de la retenue des usines et des barrages d'irrigation et du curage des cours d'eau. Des syndicats furent organisés, et les travaux les plus urgents furent entrepris par leurs soins; quelques-unes de ces associations fonctionnent encore. Sur 298 kilomètres de cours d'eau de la Dombes, soumis à des syndicats, 91 furent curés et améliorés. Les dépenses atteignirent la somme de 146,500 francs environ, y compris diverses subventions s'élevant à 52,214 fr. 40 c. accordées par l'État.

*Résultats obtenus.* — Les sacrifices du gouvernement ont produit d'immenses résultats. La culture du seigle et de l'avoine a fait place à celle du blé; des prairies artificielles sont créées sur tous les points; les terres incultes, que l'on rencontrait jadis à chaque pas, sont rares aujourd'hui; la vigne même commence à apparaître partout, enfin la valeur du sol a doublé.

Chez l'habitant, une aisance relativement grande a remplacé la misère; le cultivateur, mieux nourri, est moins exposé aux influences climatériques. En 1857, les cas de fièvres paludéennes variaient de 50 à 90 0/0 dans les 16 communes du centre de la Dombes; en 1868, ils atteignaient à peine les chiffres de 4 à 9 0/0, et aujourd'hui les fiévreux sont très-rares. Dans ces mêmes communes, la mortalité sur 100 habitants, qui s'élevait à 4,04, n'a été, en 1870, que de 2,54; la population spécifique, qui était de 20,21 par kilomètre carré, s'était élevée, en 1870, à 31,12; enfin la durée de la vie moyenne, qui se

réduisait à 25 ans 3 mois et 14 jours, est actuellement de 35 ans 3 mois et 18 jours.

Le recrutement de l'armée montre, sous son vrai jour, ce qu'était avant toute amélioration la partie de la population qui parvenait jusqu'à l'âge viril. Les exemptions pour causes physiques s'élevaient en Dombes beaucoup plus haut que dans tout le reste de la France. Dans certaines communes, le nombre des jeunes gens refusés pour ce motif excédait celui des admissibles, et dans toute la Dombes, la moyenne atteignait 52 0/0.

En 1870. ce chiffre n'a été que de 15 0/0.

En attendant la révision du cadastre qui aura pour effet d'accroître singulièrement les revenus du Trésor, les résultats obtenus par l'accroissement notable des droits de mutation et d'enregistrement sur les propriétés et des impôts indirects, prouvent surabondamment que non-seulement le gouvernement a fait acte d'humanité et de justice en travaillant à la prospérité de la Dombes, mais encore qu'il y trouvera un placement des plus avantageux du capital engagé dans l'opération.

Les ingénieurs qui ont pris part aux travaux d'amélioration de la Dombes, depuis 1854 jusqu'en 1861, sont :

MM. Rolland de Ravel, Tarbé de Saint-Hardouin, Barreau, ingénieurs en chef des ponts et chaussées, et MM. Lamairesse, Ruinet et Garceau, ingénieurs ordinaires.

Depuis 1861, ces travaux ont été dirigés par M. Baudart, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et par M. Bazin, ingénieur ordinaire.

La surveillance des travaux a été principalement confiée à MM. les conducteurs Parant et Perré.

Les entrepreneurs qui ont exécuté les ouvrages d'art étaient MM. Ratinet-Senetière et Abel; ceux qui ont entrepris les travaux de dessèchement sont MM. Mangini frères, à Lyon.

#### ASSAINISSEMENT DE LA SOLOGNE.

En traitant la question des engrains dans le chapitre de la chimie agricole, nous avons eu déjà l'occasion de parler de la Sologne. Nous compléterons ici les renseignements déjà donnés, et nous renverrons pour les détails au rapport de M. l'ingénieur en chef Sainjon, rapport inséré aux *Annales des ponts et chaussées* de décembre 1874.

La Sologne, figure 2, planche I, s'étend sur les trois départements du Loiret, du Cher et du Loir-et-Cher. Elle est formée d'un sol exclusivement argilo-siliceux, dans lequel des sondages poussés à 60 mètres de profondeur n'ont pas révélé trace de chaux.

« Entièrement privé de l'élément calcaire, imperméable par suite de la constitution physique de ses argiles plus ou moins sablonneuses, le sol de la Sologne, dit M. Sainjon, est par lui-même infertile. Il faut le transformer pour lui faire produire des céréales, et, s'il se prête plus naturellement aux plantations et particulièrement à celles du pin et du sapin, la superficie boisable est forcément limitée par le quantum des frais qu'exige le transport des coupes.

« Il est en outre insalubre, aussi les fièvres paludéennes s'y reproduisent.

elles périodiquement; elles y atteignaient autrefois et y atteignent même encore aujourd'hui une certaine intensité. Ce n'est pas que les déclivités y soient très-faibles, ni que les eaux pluviales s'y écoulement difficilement. Les étangs n'y occupent pas non plus relativement une étendue très-considerable, et ne représentent, en définitive, qu'une faible fraction de la superficie totale. Mais, à raison de la nature imperméable des argiles qu'on rencontre partout, soit à la surface, soit à une faible profondeur, le sol ou le sous-sol sont constamment humides, et cette circonstance doit entrer pour beaucoup dans l'insalubrité naturelle du climat de la Sologne.

« Pour combattre l'insalubrité d'un climat semblable, il faut abaisser le plan d'eau du sous-sol, il faut curer les cours d'eau, drainer les terres, ouvrir des fossés d'assainissement.

« Pour combattre l'infertilité, il ne suffit pas de drainer et d'assainir, il faut en outre des engrais, des amendements; or, on ne trouve la marne ou la chaux qu'aux lisières de la Sologne et les distances à franchir sont considérables; de là nécessité de voies de communications économiques et nombreuses. »

Dès le commencement des travaux, on se préoccupa de faire curer les rivières et d'ouvrir des canaux. Le seul canal exécuté est celui de la Sauldre, de Blançafort à la Motte-Beuvron, d'une longueur totale de 43 kilomètres, ayant coûté 4 120 000 francs. Ce canal doit se raccorder avec le chemin de fer du Centre à la Motte-Beuvron.

Les autres voies navigables projetées primitivement n'ont pas été exécutées, mais remplacées par des voies de terre spéciales, désignées sous le nom de routes agricoles.

De 1849 à 1869, la dépense effectuée par l'État pour l'amélioration de la Sologne s'est élevée à 12 millions de francs.

Les progrès agricoles réalisés sont saisissants partout où les nouvelles voies ont permis d'apporter les amendements et d'écouler les récoltes, partout où le curage des rivières a rendu les marécages à la culture et transformé l'aspect des prairies naturelles.

Le produit des impôts de toute nature s'est accru dans la Sologne beaucoup plus rapidement que dans les contrées voisines, le froment a remplacé le seigle, des habitations salubres se sont élevées de toutes parts, la constitution physique de l'habitant s'est améliorée : l'État a fait une œuvre utile, et en même temps a placé ses fonds à un intérêt rémunérateur.

#### ASSAINISSEMENT DE LA PLAINÉE DE L'HABRA (ALGÉRIE).

La plaine de l'Habra se trouve en Algérie, dans la province d'Oran, sur le bord de la Méditerranée. Elle a été mise en valeur par une compagnie française, et M. l'ingénieur Pochet a rendu compte des travaux exécutés à cet effet; nous aurons lieu de les décrire lorsque nous traiterons des irrigations. Nous ne voulons parler ici que des procédés mis en œuvre pour l'assainissement des parties marécageuses de cette plaine.

Dans la partie la plus éloignée de la mer, sa pente est de 3 à 4 mètres par kilomètre; mais, à mesure qu'on se rapproche de la Méditerranée, la pente diminue et finit par être nulle. Si l'on joint à cela que les cours d'eau ont un

débit considérable dans la saison pluvieuse et sont à sec en été, on comprend sans peine que leur embouchure s'est rapidement encombrée, que leur lit a disparu, et que les eaux répandues sur toute la plaine l'ont transformée en marécage. Ce marécage, connu sous le nom de marais de la Macta, devenait en été le siège d'une évaporation abondante et pestilentielle; la contrée était redoutée pour ses fièvres.

La première chose à faire était d'assurer en tout temps l'écoulement des eaux des rivières vers la mer; c'est ce qu'on fit en créant pour l'Habra, le Sig et le Tinn des lits artificiels, comprenant un lit mineur, capable de livrer passage au débit ordinaire, et un lit majeur formé par deux digues parallèles capables de contenir les crues les plus fortes.

Du même coup, ces digues mettaient à l'abri des inondations les terres rive-raines.

Ces terres ainsi soustraites pour l'avenir à l'invasion des eaux ont été assainies par des plantations d'eucalyptus qui ont donné d'excellents résultats.

**Influence des plantations sur l'assainissement.** — D'une manière générale, les plantations purifient l'atmosphère et ne sauraient être trop propagées dans les endroits insalubres, à moins qu'elles ne constituent un rideau empêchant une surface marécageuse d'être balayée par les vents.

Par leurs feuilles, les arbres absorbent l'acide carbonique et exhalent de l'oxygène; l'évaporation abondante qu'ils éprouvent, par les parties vertes, dessèche le sol et rend à l'atmosphère une vapeur d'eau purifiée par son passage à travers l'organisme végétal et débarrassée des gaz putrides.

Il est de fait, dit M. l'ingénieur Maitrot de Varenne, que la campagne de Rome, les marennes toscanes, le plateau central de la Sicile, la Camargue, la Dombes, la Bresse, la Sologne, et une foule d'autres territoires ont perdu leur ancienne salubrité en perdant les bois qui les couvraient en partie. D'un autre côté, on rencontre des pays où se trouvent des marais, des eaux stagnantes et des plaines incultes, mais que des bois épais garantissent de toute insalubrité. Lors du siège de Zaatcha, dans le petit désert africain, le camp français, placé d'abord en dehors du bois de palmiers entourant le village, fut transporté, malgré les balles des indigènes, dans l'intérieur du bois, pour soustraire nos soldats à l'action meurtrière des fièvres. Les marais mouillés de la Vendée n'ont aucune action nuisible, parce que la plupart des canaux sont recouverts par des arbustes, et que même les roseaux et les rouches qui garnissent certaines parties font l'office de plantations.

**De l'eucalyptus.** — En Algérie, avons-nous dit, l'eucalyptus a fait merveille comme moyen d'assainissement. A ce sujet, nous reproduirons les lignes suivantes de M. Pochet :

« L'Algérie doit à M. Ramel, d'Alger, la conquête d'un arbre précieux, l'eucalyptus *globulus*, importé d'Australie, il y a une douzaine d'années environ.

« Les caractères spécifiques de cet arbre remarquable sont les suivants : 1<sup>o</sup> Sa croissance est d'une telle rapidité qu'elle tient du prodige. En quinze mois nous avons vu des arbres acquérir une hauteur de tige de 6 mètres et un diamètre de 10 centimètres au collet. En cinq ou six ans, l'eucalyptus arrive à un diamètre de 30 à 35 centimètres. 2<sup>o</sup> Malgré cette croissance rapide, son bois est extrêmement dur, sa tige est droite, et tout porte à croire qu'il donnera d'excellents résultats dans les constructions, et surtout quand on l'emploiera comme traverse de chemin de fer. 3<sup>o</sup> Sa feuille distille une huile essentielle d'une odeur fortement aromatique. Employée en infusion, elle combat la fièvre.

paludéenne avec tant d'efficacité que l'eucalyptus globulus pourrait passer pour un succédané du quinquina. Les plantations forestières d'eucalyptus ont déjà donné, au point de vue de l'assainissement de l'atmosphère, des résultats surprenants.

« Nous tenons de M. Saulière, propriétaire aux environs d'Alger, que la plantation en eucalyptus globulus d'une superficie de 4 hectares a suffi pour assainir complètement une usine à eau, tellement insalubre, que les fermiers ne pouvaient l'habiter. Aujourd'hui, la fièvre est inconnue autour de l'usine.

« L'eucalyptus est un arbre des zones tempérées. Il craint la gelée et le vent. Nous ne pensons pas qu'il puisse être acclimaté d'une façon convenable en France, excepté dans les stations hivernales de la Méditerranée. »

#### DESSÉCHEMENT DES MARAIS SOUMIS A L'INFLUENCE DES MARÉES.

Les entreprises de desséchement les plus importantes et les plus intéressantes ont pour objet les marais situés sur le bord de l'Océan ou le long des rivières soumises à l'influence des marées.

Plusieurs cas peuvent se présenter :

1<sup>o</sup> La surface du marais, couverte à haute mer, émerge complètement à basse mer ; dans ce cas, il suffit de la protéger contre la haute mer, par une digue d'une épaisseur convenablement calculée ; l'eau salée ne pénètre plus sur le marais, et il ne reste à expulser que l'eau précédemment accumulée, ainsi que l'eau pluviale ; on y arrive en ménageant dans la digue un certain nombre de vannes ou de portes d'écluse, que l'on ouvre dès que le niveau de la mer est inférieur à celui des eaux du marais ; l'écoulement commence alors et s'accélère à mesure que la mer baisse, quand elle remonte on ferme les vannes ou les portes d'écluse, et on attend la basse mer suivante pour recommencer l'opération.

2<sup>o</sup> Le sol du marais peut se trouver à un niveau inférieur à la basse mer. Dans ce cas, on construit encore une digue d'enceinte ; toute la tranche d'eau qui se trouve au-dessus du niveau des basses mers s'écoule par le jeu des marées, ainsi que nous l'avons expliqué dans le premier cas. Quant au volume d'eau qui existe au-dessous du niveau des basses mers, il est évidemment nécessaire de recourir à des machines élévatrices pour le jeter dans la mer. Lorsque le premier desséchement a été effectué et que le marais est en culture, il n'y a plus qu'à maintenir la nappe alimentée par les sources et la pluie, à un niveau assez bas, pour qu'elle ne nuise pas à la végétation ; il faut donc conserver des machines élévatrices en fonctionnement continu, machines dont la puissance doit pouvoir varier entre des limites assez étendues pour parer à toutes les éventualités.

Les exemples ci-après feront comprendre et expliqueront en détail la manière dont on procède suivant les cas.

## WATRINGUES DE DUNKERQUE.

Les watringues sont des terrains fertiles, situés dans l'arrondissement de Dunkerque sur les bords de la Manche.

C'est une plaine, légèrement inclinée du sud au nord, et située tout entière au-dessous des hautes mers ; elle est limitée du côté de la mer par les dunes du littoral et entourée par les digues des canaux, de sorte que, si on l'abandonnait à elle-même, elle ne tarderait pas à se transformer en marécage.

Au contraire, en la traversant par des canaux suffisamment profonds et suffisamment larges, débouchant dans la mer au moyen d'écluses qui s'ouvrent à marée basse, on arrive à maintenir la nappe d'eau au niveau qui convient pour une bonne végétation.

Le réseau des canaux comprend des artères principales, telles que le canal de Dunkerque à Furnes ; ces canaux, qui sont navigables, reçoivent le tribut des fossés principaux de desséchement, lesquels portent le nom de watergands ; sur ces fossés principaux se ramifient les fossés secondaires qui vont soutirer en tous les points de la surface l'eau dont la terre est imprégnée.

Les pertuis pour l'écoulement à la mer sont de diverses grandeurs, suivant le volume d'eau auquel ils doivent donner passage ; il y a des écluses avec des portes busquées, mais il y a aussi de simples aqueducs avec des vannes et des clapets, que l'on ferme à la haute mer et que l'on ouvre à basse mer. Les aqueducs sont même, sur certains points, remplacés par des buses en bois.

La surface des watringues est de 30 000 hectares répartis entre 1500 propriétaires ; la cotisation annuelle varie, suivant les sections, de 2 fr. 50 c. à 4 fr. 60 c. par hectare. La dépense totale est de 135,000 francs par an ; elle s'applique aux fauquardements, aux curages, à l'entretien des digues et ouvrages, ainsi qu'à l'entretien des chemins qui desservent la surface.

Les arrondissements de Boulogne et de Saint-Omer, dans le Pas-de-Calais, renferment 40,000 hectares de watringues, dont l'assainissement a été obtenu au moyen de canaux et de fossés que l'on entretient avec soin.

**Écluses avec portes. Clapets.** — Un des ponts éclusés que l'on cite le plus souvent est celui du Grand-Vey sur la Vire. Le projet, dont le modèle existe à l'École des ponts et chaussées, avait été dressé en 1774 par M. Lefèvre, ingénieur de la généralité de Caen.

« Cet ouvrage avait un double but : il devait, au moyen de portes de flot, s'opposer à l'introduction des eaux de la mer montante en amont du passage du Vey, près d'Isigny ; il devait, à mer basse, laisser écouler les eaux douces et assécher la vallée. Cette destination et l'obligation de disposer les choses de façon que les portes de flot pussent se fermer toutes seules à la mer montante et s'ouvrir de même à mer basse, ne permettaient de donner qu'un faible débouché aux neuf arches pourvues de portes ; on les avait prévues à 6 mètres, avec piles de 3 mètres du côté de la mer. Du côté des terres, les neuf arches étaient réduites à trois, de 24 mètres d'ouverture, fortement surbaissées et avec têtes en cornes de vache.

Les portes du pont de Vey ont été enlevées depuis ; elles nuisaient à la navigation et ne permettaient pas au mouvement de flux et de reflux d'entretenir le chenal du port d'Isigny.

Plusieurs ouvrages analogues subsistent encore sur les côtes de Normandie.

Les figures 3 à 6 de la planche I, représentent une grande écluse de dessèchement construite en 1807 près du sas de Gand; elle comprend du côté de la mer deux paires de portes busquées, et du côté des terres un système de ventelles. Grâce à ces trois systèmes de fermeture, on est à l'abri de tous les dangers d'inondation.

La figure 7 de la planche I, représente une buse (du hollandais *bus*), ou aqueduc en planches, fermé par un clapet en bois du côté de la mer. Le clapet en bois tourne autour de son arête supérieure au moyen d'une charnière horizontale. Lorsque la mer monte, la pression applique le clapet sur son siège, et l'aqueduc est fermé; lorsque le niveau de la mer est inférieur à celui de l'eau dans les canaux de dessèchement, c'est la pression intérieure qui l'emporte; le clapet est soulevé et les eaux du marais s'écoulent vers la mer. Il va sans dire que la tête des buses en bois doit être soigneusement protégée contre les affouillements, et qu'en arrière du clapet on doit placer une vanne que l'on ferme lors des grandes marées d'équinoxe et qui remplace le clapet en cas d'avarie.

Les clapets automatiques ont du reste l'inconvénient de pouvoir rester ouverts par l'interposition de quelque corps flottant ou simplement par ensablement; aussi ne conviennent-ils qu'aux aqueducs peu importants, et, en bien des cas, leur préfère-t-on un vannage, lorsqu'on peut facilement en assurer la manœuvre.

*Clapets en fonte du marais de Calvi.* — Nous trouvons dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1876 la description d'un clapet en fonte que M. l'ingénieur Doniol a fait établir sur l'émissaire du marais de Calvi.

« L'amplitude maxima des marées de la Méditerranée sur les côtes de la Corse, dit M. Doniol, est d'environ 0<sup>m</sup>,70. Ces marées ne sont pas régulières; elles sont influencées par la pression atmosphérique et surtout par l'état des vents. Elles mettent souvent un temps assez long à se produire. Il résulte de cette dernière circonstance que, si le marais est peu étendu et s'il n'y a pas contact parfait du clapet sur son siège, l'équilibre du niveau s'établit insensiblement entre la mer et le marais; le clapet reste flottant et n'empêche pas l'émissaire du marais d'être complètement envahi par la marée haute. C'est ce qui arrive avec les clapets en bois, qui se trouvent bientôt gondolés sous l'influence de l'humidité et de la chaleur. La rigidité étant une condition essentielle, il m'a paru convenable d'essayer l'emploi d'un clapet en métal.

« J'ai cherché à faire remplir à ce clapet automobile trois conditions principales : 1<sup>o</sup> fermer hermétiquement la communication, quand le niveau des eaux du marais est moins élevé que celui de la mer; 2<sup>o</sup> obéir à une faible pression et permettre l'écoulement dès que le niveau des eaux est plus élevé du côté du marais; 3<sup>o</sup> être construit assez solidement pour résister à la malveillance des passants et aux causes accidentnelles d'avaries. »

Représenté par les figures 8 à 10 pl. I, le clapet de Calvi a 0<sup>m</sup>,60 sur 0<sup>m</sup>,60 de débouché; pour lui permettre de s'ouvrir sous une faible pression, on a dédoublé le clapet en deux clapets superposés, suspendus chacun à un axe horizontal de rotation. Les tourillons venus de fonte tournent sur des coussinets ménagés dans des consoles en cuivre; les consoles sont un peu en avant de l'arête supérieure des clapets, afin que la rotation ne s'effectue jamais sur une arête. Chaque clapet repose sur son siège par une portée plane, bien dressée, de 25 millimètres de largeur. La sensibilité du clapet dépend de la distance qui

existe entre la verticale passant par l'axe de rotation et la verticale passant par le centre de gravité; cette distance a été réduite à 0<sup>m</sup>,003, de telle façon que le clapet s'ouvre pour une dénivellation de 0<sup>m</sup>,04 entre le marais et la mer. Du reste, on pourrait augmenter la sensibilité en munissant les clapets de contre-poids, et l'effort à exercer se réduirait à celui qui est nécessaire pour vaincre le frottement des tourillons.

Pour maintenir la sensibilité du clapet de Calvi et en assurer la fermeture hermétique, il faut nettoyer de temps en temps les faces de contact, ainsi que les consoles en cuivre et les coussinets.

Le poids de chaque clapet mobile est de 39 kilogrammes, et le poids de tout l'appareil, 147 kilogrammes.

L'inclinaison du clapet, c'est-à-dire la distance  $x$  entre la verticale de l'axe de rotation et la verticale du centre de gravité, dépend de la sensibilité qu'on veut donner au clapet; veut-on qu'il se lève pour une dénivellation  $h$ , en désignant par  $P$  le poids du clapet, par  $A$  sa largeur, par  $L$  la hauteur de l'axe de rotation au-dessus du clapet, on reconnaît que :

Le moment de la résistance est  $(Px)$

Le moment de la puissance est  $\frac{1000Ah^2}{2} \left( L - \frac{2}{3}h \right)$ .

Si on égale ces deux quantités, que l'on remplace  $P$ ,  $A$  et  $L$  par les nombres 39, 0,60 et 0,335, on trouve :

$$x = 0,0038.$$

**Clapet en tôle de la Basse-Loire.** — Les figures 11 à 13 pl. I, représentent le clapet en tôle destiné à fermer, lors des crues, les aqueducs établis dans les levées de la Basse-Loire. Avec les anciens clapets en bois, le bois gauchissait bien vite, le clapet ne s'appliquait plus sur son siège, l'eau du fleuve entrait dans le val et y déterminait une inondation. Aussi avait-on remplacé presque tous les clapets par des bondes dont la clef se trouvait chez le maire de la commune; mais la bonde n'était pas toujours manœuvrée à temps et il en résultait encore des inondations.

Ces inconvénients ont disparu depuis qu'on a eu recours aux clapets en tôle à charnière brisée, dont la disposition ingénieuse est due à M. F. Harmand, conducteur des ponts et chaussées.

La charnière brisée permet à la feuille de tôle de venir s'appliquer sur l'orifice de l'aqueduc, lors même que l'un des nœuds jouerait difficilement.

On voit à la partie inférieure du clapet une poignée qui sert à soulever le clapet au moyen d'une gaffe, pour le débarrasser des branchages qui pourraient en arrêter le fonctionnement.

Un clapet de ce genre coûte 50 francs tout posé et ajusté, à raison de 1 fr. 50 c. le kilogramme.

## POLDERS DE LA HOLLANDE

## Desséchements par machines.

Le long des côtes, et sur les parties inférieures des fleuves de la mer du Nord et de la Manche, en Allemagne, en Hollande, en Belgique et en France, on rencontre de vastes plaines formées d'une bonne et fertile couche d'argile; cette argile repose sur une épaisseur de plusieurs mètres de tourbe, et au-dessous on trouve presque toujours du sable.

Ces plaines, qui s'appellent *marches* en Allemagne, et *polders* dans la Hollande et la Belgique, sont souvent à un niveau inférieur à celui de la mer.

Elles ont été endiguées et assainies par des fossés d'écoulement; en certains cas, lorsqu'elles se trouvaient inférieures aux basses mers, il a fallu recourir aux machines d'épuisement.

La dénomination de *polder* appartient donc aux terrains endigués qui ont été conquis sur la mer ou sur les fleuves près de leur embouchure, et mis à l'abri des inondations par des digues élevées au-dessus des plus hautes mers.

Nous ferons ici l'historique des polders les plus connus.

## POLDER DU ZUID-PLAS.

Les lacs ou mers intérieures de la Hollande sont des masses d'eau en communication avec les canaux et fleuves voisins; ces masses d'eau ont en général 4 à 5 mètres de profondeur, quelquefois plus. — Lorsque les digues n'existaient pas ou étaient insuffisantes, les eaux de la mer ont envahi les dépressions et ces dépressions se sont accrues sous l'influence des courants; première cause de formation des polders, cause à laquelle on doit la mer de Harlem et la plupart des lacs de la Hollande du Nord desséchés aux seizième et dix-septième siècles. La seconde cause de la formation des polders tient à l'exploitation de la tourbe, combustible autrefois bien précieux dans un pays non boisé où les houilles n'arrivaient pas. Nous avons dit que sous l'argile de la surface on trouvait plusieurs mètres de tourbe; on extrayait cette tourbe, on la séchait et on la vendait en briquettes. Les eaux envahissaient les excavations, qui peu à peu s'agrandissaient par l'entraînement des terres voisines.

Au commencement de ce siècle on avait desséché et rendu à la culture 70 000 hectares de mers intérieures.

Le Zuid-Plas, dont le plan est donné par la figure 1 planche V, était un lac de 4600 hectares qu'on a desséché dans les premières années du dix-neuvième siècle.

Dans une opération de ce genre, il faut rechercher d'abord la nature du sol à découvrir et s'assurer qu'il est fertile et propre à la culture; on risquerait sans cela de faire en pure perte une coûteuse opération.

On relève ensuite bien exactement le plan et les profils verticaux du lac, afin de reconnaître si le fond en est suffisamment uni, et si l'écoulement est possible.

Tout autour du lac, on ouvre un canal d'enceinte, canal navigable, capable de recevoir toutes les eaux et de les conduire jusqu'aux écluses percées soit dans les digues des bords de la mer, soit dans celles des fleuves à marée. La figure 2 planche V, donne le profil en travers du canal d'enceinte du Zuid-Plas.

A ce canal est juxtaposée la digue d'enceinte qui empêche l'arrivée dans le polder de toutes les eaux extérieures ; cette digue est la partie essentielle du desséchement, c'est d'elle que dépendent le succès et l'avenir de l'entreprise.

Si elle n'est pas assez forte et si elle donne lieu à des filtrations, il est à craindre qu'elle ne vienne à se rompre : les eaux feraient alors irruption dans le polder qu'il faudrait assécher à nouveau après avoir à grands frais réparé les digues.

La construction de digues puissantes est bien difficile dans des pays marécageux ; on n'a à sa disposition que des terres et des fascines, et c'est avec ces deux éléments qui forment comme un feutrage sur le sol et qui se prêtent à toutes les déformations produites par les tassements, c'est avec ces deux éléments que les Hollandais ont conquis sur les eaux leurs provinces les plus fertiles. La figure 3 de la planche V donne la coupe en travers de la digue du Zuid-Plas, massif de terre protégé par deux risbermes en fascines. Nous expliquerons plus loin avec quelques détails l'exécution de ce genre d'ouvrage.

Quand la digue d'enceinte est achevée, il faut enlever avec des machines la masse d'eau qui se trouve à l'intérieur.

Dans les anciens polders, les machines d'épuisement employées à cet effet étaient les roues élévatrices, et le plus souvent, la vis d'Archimède ou vis hollandaise ; le moteur était le moulin à vent. Ce sont là des appareils de construction et d'entretien faciles, ne se dérangeant guère ; ils conviennent bien à des entreprises de ce genre, conduites économiquement. Pour aller vite ou pour éléver de grands volumes d'eau à plusieurs mètres de hauteur, il vaudrait mieux recourir à des machines à vapeur. C'est ce qui a été fait pour la mer de Harlem.

Les anciens moulins à vent de la Hollande n'élevaient l'eau qu'à 1<sup>m</sup>,50 de hauteur, de sorte que si la dénivellation à racheter était de 3 mètres, de 4<sup>m</sup>,50 ou de 6 mètres, il fallait deux, trois ou quatre étages de moulins à vent actionnant chacun leur vis d'Archimède ou leur roue de côté.

Un moulin fort et bien construit suffisait à maintenir en bon état d'assèchement une surface de 400 à 500 hectares. Lorsque la masse d'eau première est enlevée, ce qui exige avec les moulins à vent un temps relativement considérable, les mêmes moulins servent à l'entretien du polder et accomplissent cette besogne d'une manière économique.

Il est clair que les moulins et machines élévatrices sont placés aux points les plus déprimés, puisque c'est là que les eaux tendent naturellement à s'amasser. Les machines sont du reste distribuées sur le pourtour de la manière la plus favorable, afin que l'eau fasse le moins de chemin possible et soit élevée à la moindre hauteur possible.

Avec des digues bien faites, un desséchement, opéré à l'aide de moulins à vent, se fait en trois ou quatre ans.

Lorsque le sol apparaît, on divise la surface en longs rectangles au moyen de canaux et de rigoles convenablement calculés. C'est une grosse dépense, puisque ces artères occupent environ le dixième de la surface totale.

Les terres extraites des canaux servent à établir à travers le polder des chaus-

sées, dont la direction est choisie de manière à relier convenablement le nouveau sol avec les villes et villages voisins.

Le desséchement du Zuid-Plas s'est opéré à l'aide de quatre étages de moulins à vent et de deux machines à vapeur ; la hauteur d'élévation des eaux dépassait 6 mètres. — L'opération a coûté 3 millions de florins.

Lorsque les terres conquises peuvent être livrées à la culture, on commence, afin de les y rendre propres, par y semer du colza ; puis on les vend et un syndicat s'établit entre les propriétaires pour la direction et l'entretien du polder.

L'établissement des habitations dans le polder exige de grandes précautions. Si le desséchement a une grande étendue, on construit des maisons le long des chemins et de la digue d'enceinte. Si, au contraire, le desséchement a peu d'étendue, il est préférable de placer les maisons le long de la digue d'enceinte seulement, dont la position est plus élevée et par conséquent plus saine ; en même temps, les récoltes peuvent être promptement et immédiatement transportées le long du canal d'enceinte.

Tous les grands mouvements de terre et tous les asséchements exhalent pendant les premiers temps des miasmes putrides et engendrent des fièvres ; le climat humide et froid de la Hollande s'oppose à une fermentation active, et les travaux du genre de ceux que nous venons de décrire n'y présentent pas les inconvénients sanitaires qu'ils pourraient avoir sous d'autres climats.

#### DESSÈCHEMENT DU LAC DE HARLEM.

Le lac ou mer intérieure de Harlem, desséché vers 1840, est le type des polders de la Hollande. M. Gevers d'Endegeest a rendu compte de ce grand travail dans deux mémoires publiés à la Haye et à Amsterdam, en 1849 et en 1854 ; ce sont ces mémoires que nous allons analyser ici.

Ce sont les digues qui ont rendu habitable le sol de la Hollande et l'ont mis à l'abri des crues des rivières et des hautes marées. Le pays se trouve divisé par ces digues en districts plus ou moins étendus, et chaque district est gouverné par des administrations régulières analogues à nos syndicats.

L'enceinte d'une de ces administrations est composée de digues puissantes, opposées soit à la mer, soit aux fleuves, et destinées à empêcher l'introduction des *eaux extérieures*. En dedans de cette enceinte, il faut pourvoir à l'écoulement des *eaux intérieures* provenant des pluies, des sources ou des filtrations ; si ces eaux intérieures n'avaient point d'issue, l'évaporation ne suffirait pas à les enlever et elles transformeraient le polder en marécage.

Chaque digue d'enceinte a donc dû être munie d'une ou de plusieurs écluses, pour laisser écouler ces eaux intérieures dans les eaux extérieures, toutes les fois que les reflux ou les vents de la terre abaissent suffisamment le niveau de ces dernières. Souvent ces écluses d'écoulement servent en même temps à la navigation.

La figure 1 planche VI, est un plan général de la mer de Harlem ; l'écluse de Sparrendam, près Harlem, est ouverte à la navigation ; l'écluse de Mulfwegen, mi-chemin entre Harlem et Amsterdam, ne sert qu'à l'écoulement.

Lorsque les écluses débouchent dans un courant d'eau douce, il arrive pendant les grandes sécheresses qu'on renverse leur rôle ; elles servent alors à admettre dans le polder des eaux douces pour l'arrosage.

Chaque district a son bassin intérieur, consistant soit en lacs et étangs, soit en canaux et fossés ; ce bassin emmagasine les eaux intérieures et leur sert de régulateur en même temps qu'il constitue la voie de navigation par laquelle s'effectuent tous les transports.

Le bassin reçoit d'une part les eaux qui s'écoulent naturellement des terrains anciens, c'est-à-dire de ceux qui sont plus élevés que lui ; il reçoit d'autre part les eaux des polders ou terrains desséchés situés en contre-bas ; ces eaux sont élevées par des moulins ou par des machines à vapeur.

Le bassin est, comme nous l'avons dit, en communication avec les eaux extérieures par des écluses que l'on ouvre toutes les fois que, par le jeu des marées ou des crues, une dénivellation s'établit entre le bassin et les eaux extérieures.

Les grands bassins ont un avantage sérieux ; ils peuvent emmagasiner beaucoup d'eau sans que leur niveau s'élève outre mesure et sans qu'on soit forcée d'interrompre le fonctionnement des machines d'épuisement. En été, ils gardent une provision suffisante pour l'arrosage du sol.

Tout polder possède des vannes destinées à admettre au besoin l'eau du bassin ; il ne faut que peu de sécheresse et de chaleur pour faire naître ce besoin. Ces terrains si bas, en partie marécageux pendant l'hiver, souffrent très-vite du manque de pluie en été ; l'infiltration et les sources, rares, d'ailleurs, ne leur donnent pas alors assez d'humidité.

Un bassin peu étendu se vide facilement, mais son influence régulatrice est faible ; pendant l'humidité, il s'emplit vite et il arrive qu'on est forcée d'arrêter les machines d'épuisement et de laisser le polder inondé. En été, l'irrigation n'est plus assurée, à moins que le bassin ne communique avec un courant d'eau douce.

Les avantages respectifs des grands et des petits bassins dépendent donc essentiellement des circonstances locales. Tout bassin peut même être inutile, si la disposition des lieux est telle que l'écoulement des eaux intérieures vers les eaux extérieures soit toujours possible, et s'il est facile de faire entrer les eaux douces en été. Le bassin n'est, en effet, qu'un intermédiaire entre le polder et les eaux extérieures ; on peut, dans certains cas, le réduire aux voies de navigation et aux fossés d'égouttement.

Les bassins sont formés souvent avec les tourbières précédemment exploitées ; sous la tourbe se trouve en général un bon terrain, et la tourbe est un produit de grand rapport. L'administration ne permet l'exploitation de tourbières nouvelles qu'autant que le concessionnaire verse au Trésor les fonds nécessaires pour assurer le paiement de l'impôt foncier et l'établissement du polder qui devra être créé après l'enlèvement de la tourbe.

Cette double transformation, d'abord de terre en eau, ensuite d'eau en polders fertiles est donc une excellente opération au point de vue économique.

On conçoit que, pour la création et la conservation des polders, le succès dépend surtout des digues. Quant le vent enfile un canal ou un lac dans sa longueur, il détermine des dénivellations dans la surface des eaux, dénivellations qui peuvent atteindre un mètre sur la longueur du lac de Harlem ; lorsque la pente est dans le sens de l'écoulement, il n'y a pas d'inconvénient ; mais, lorsqu'elle est en sens contraire, les eaux refoulées viennent battre les digues, quelquefois même elles les surmontent. Les grandes marées, lorsque le vent leur vient en aide, livrent de rudes assauts aux digues du littoral.

Ces digues doivent dépasser les plus hautes marées et celles qui longent les rivières doivent dépasser les plus hautes crues,

Pour établir une digue sur un sol ferme, on commence par bêcher le sol, puis on constitue la digue avec des terres rapportées. — Si le sol est mou, on ne touche pas à la surface et on la recouvre de fascines sur lesquelles on élève le massif de terre. — Enfin, si malgré le fascinage la digue s'affaisse, il faut enlever toute la terre molle et la tourbe à l'emplacement jusqu'à ce qu'on arrive au fond solide, ou bien il faut recharger le remblai au fur et à mesure qu'il s'affaisse, ainsi que l'on a fait pour les chemins de fer établis sur les terrains vaseux de la Bretagne ou du Nord.

Les digues en terre se relient généralement bien au sol de la Hollande ; sur le bord des rivières, elles reposent quelquefois sur des couches de sable qui donnent lieu à d'abondantes infiltrations. — Le corps de la digue se couvre spontanément d'herbe et devient comme une prairie propre au pâturage où à la récolte du foin.

Lorsqu'il s'agit d'établir une digue dans l'eau, on en détermine l'emplacement par des perches ; on construit avec des fascines un grand radeau qu'on amène à l'emplacement voulu et que l'on coule en le chargeant de terre glaise ; sur cette première assise on en échoue une seconde pareille, mais un peu moins large, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on soit sorti de l'eau.

Les digues menacées par les vagues sont protégées par divers moyens dont nous donnerons plus loin la description.

Parmi les administrations ou districts hydrauliques de la Hollande, la plus considérable était le Rhinland dont la mer de Harlem faisait partie. Le Rhinland tirait son nom de cette branche du Rhin, figure 1 planche VI, qui le traverse et qui se jetait à la mer à Katwyck avant que les dunes ne vinssent au huitième siècle ensabler son embouchure.

Le Rhinland comprend 123,500 hectares ; un quart de cette superficie est terrain naturel, le reste serait couvert d'eau si on ne l'avait transformé en polders.

La mer de Harlem servait de bassin à la superficie ; on s'est proposé d'en dessécher une surface de 18,000 hectares, et de réduire le bassin du Rhinland à 48,000 hectares.

L'écoulement du Rhinland se fait dans l'Y par les écluses de Sparendam, de Mulfwegen et d'Amsterdam, dans la mer du Nord par l'écluse de Katwyck ; c'est cette dernière qui, construite en 1808 à travers les dunes, a assuré en tout temps l'écoulement des eaux intérieures.

Le lac de Harlem était dans le nord du Rhinland ; l'espace qu'il occupait avait été jadis un pays habité ; une carte de 1531 ne mentionne à sa place que quatre petits lacs ; deux chemins traversaient l'étendue actuelle et trois villages y florissaient. En 1591 un des villages avait disparu, en 1647 les deux autres avaient le même sort et le lac qui n'occupait en l'an 1500 que 6000 hectares s'agrandissait sans cesse de manière à dépasser 18,000 hectares. Le sol ne se compose, en effet, que de parcelles molles et fines que les eaux délayent et entraînent à la mer où elles se déposent en atterrissements.

Le fond du lac était en général uni et situé à 4 mètres de profondeur sous la surface ordinaire de l'eau ; ce fond était formé d'une terre argileuse fertile.

Dès 1617 une concession pour le desséchement du lac de Harlem fut demandée aux états de Hollande ; en 1653 un constructeur de moulins nommé Leeghwater présenta un projet de desséchement convenablement combiné. — Ce projet fut repris maintes et maintes fois. — En 1836 un vent d'ouest furieux chassa avec violence les eaux du lac sur Amsterdam ; elles se jetèrent à travers les polders

et par-dessus les routes et les digues jusque sous les murs de la capitale ; quelque temps après, par un vent d'est, le lac, poussé vers Leyde, faillit inonder cette dernière ville.

On sentit la nécessité d'entreprendre le desséchement de cette mer intérieure si dangereuse, et il fut décidé par une loi de mars 1839. L'exécution était confiée à une commission de onze membres qui arrêta les bases suivantes :

Dessécher le lac entier, soit 18,100 hectares, à la profondeur moyenne de 4 mètres, ce qui fait 724 millions de mètres cubes d'eau ;

Isoler le lac au moyen d'une forte digue de périmètre, établie soit sur le sol, soit dans l'eau, avec un développement de 5900 mètres ;

Creuser autour et le long de la digue, figure 2 planche VI, un large canal de dérivation communiquant avec tous les canaux, destiné à conduire l'eau vers les écluses et remplaçant la navigation sur le lac, établir sur ce canal des ponts permettant d'accéder aux avenues du polder ;

Déverser l'eau du lac dans le bassin extérieur ainsi formé, et pourvoir à l'écoulement de ce bassin, 1<sup>o</sup> en améliorant le canal de dérivation de Katwyck, 2<sup>o</sup> en approfondissant le lit du Spaarne, 3<sup>o</sup> en établissant à Sparendam une machine à vapeur d'eau moins 180 chevaux, pour déverser les eaux du bassin dans la mer ;

Pourvoir pendant les sécheresses à l'alimentation du bassin amoindri, et faciliter la navigation en compensation des détours qu'on lui imposait ;

Substituer pour le desséchement la force de la vapeur à celle du vent.

Ce dernier point ne fut pas admis dans le programme sans contestation ; mais on prouva que, pour dessécher le lac en 4 ans et l'entretenir ensuite, il fallait deux étages de 57 grands moulins, soit 114 moulins, travaillant 60 jours par an ; avec eux le desséchement coûtait 3,700,000 florins ; avec des pompes à simple effet mues par la vapeur, il ne devait coûter que 1,200,000 florins et pouvait s'effectuer en 2 ans. Pendant la période d'entretien, les machines à vapeur étaient plus économiques aussi que les moulins à vent et permettaient de parer à toutes les éventualités.

On adopta des machines de Cornouailles, dont on connaissait déjà, à cette époque, la marche régulière et l'excellent rendement.

Trois machines furent établies, qui épuisèrent le lac en 39 mois, du 1<sup>er</sup> avril 1849 au 1<sup>er</sup> juillet 1852 ; elles enlevèrent 830 millions de mètres cubes d'eau.

Leur marche n'était pas continue à cause du manque d'eau qui se produisait fréquemment aux points d'épuisement. Il est dans tout desséchement fort difficile de faire arriver à temps les eaux aux moulins et aux machines ; cet inconvénient fut très-marqué au lac de Harlem, parce que les points d'épuisement se bornaient à trois, et qu'une grande distance les séparait du centre d'où devaient arriver les eaux. Les grands canaux de conduite vers les puisards des machines ne purent être terminés qu'après que le lac se fut trouvé à sec en juillet 1852.

Il semble que ces canaux de conduite eussent pu être ébauchés avec des dragues avant la fin du desséchement, et par ce moyen on aurait gagné quelques mois.

Le desséchement achevé, il fallait s'occuper du lotissement et des canaux et fossés intérieurs ; le plan primitif était basé sur une division par lots de 5 hectares chacun.

La surface du polder est de 18,154 hectares.

La surface prévue des grands canaux de longueur et de traverse était de .....	71,44	hectares.
Celle des canaux de longueur. . . . .	68,64	—
Celle des canaux de traverse. . . . .	39,36	—
Celle des fossés. . . . .	1134,00	—
 Total. . . . .	1313,43	hectares.

La surface du bassin intérieur atteignait donc le  $\frac{1}{4}$  de la surface totale ; dans les anciens polders, desservis par les moulins à vent, dont la marche est moins assurée, nous avons vu que le rapport s'élevait à  $\frac{1}{10}$ . On comprend sans peine les motifs de cette différence.

Le lotissement d'un polder n'est pas une opération aussi simple qu'on le croirait au premier abord.

En divisant par grands lots de 10 ou 20 hectares, on économisait des déblais de fossés et on augmentait la surface à vendre, mais on risquait d'effrayer les acheteurs et de nuire à l'agriculture.

Cependant on se décida pour les grands lots de 10 ou 20 hectares, et il n'en résulta point d'inconvénients.

La dépense totale à la fin de 1852 s'élevait à environ 10 millions de florins, soit à 21 millions de francs pour 18,000 hectares, ce qui fait 1166 francs par hectare desséché.

Les dépenses finales s'élèverent à 29 millions ; on tira 20 millions de la vente des terres conquises, qui valent aujourd'hui 2000 francs l'hectare ; la préservation des trois villes, Leyde, Amsterdam et Harlem, et l'accroissement énorme de la richesse publique ne coûtèrent donc que 8 millions.

A la suite d'un voyage fait en 1860 au lac de Harlem, M. Mille, aujourd'hui inspecteur général des ponts et chaussées, en faisait le tableau suivant :

« *Une visite au lac de Harlem.* — Une visite au lac de Harlem est facile ; en une demi-heure on est transporté de la ville au canal de ceinture, belle nappe d'eau de 40 mètres, sur laquelle flottent paisiblement les galiotes hollandaises. Un bac fait la traversée, et, une fois au delà des digues, on éprouve une surprise qui va croissant. On roule sur des empierrements de gravier côte à côte des canaux intérieurs, où l'eau agitée et propre se tient à 1<sup>m</sup>,50 en contre-bas des berges. A droite et à gauche les prairies alternent avec les cultures, tandis qu'à tous les coins de l'horizon, on aperçoit des maisons ou des fermes de la Nord-Hollande, espèces de parapluies en tuiles rouges et de forme carrée, où tout tient sous le même toit, logement, étables, écuries et grenier. Trois flèches signalent trois églises, dont deux catholiques et une protestante. Vous trouvez des bureaux de poste ; vous apprenez qu'il y a deux communes complètement organisées, un syndicat pour la défense du polder, un journal qui paraît une fois par semaine et qui s'occupe spécialement des intérêts de la colonie. Les récits de l'Australie sont dépassés.

« Les renseignements abondent et ils sont précis, parce que les Hollandais, gens d'affaires et de commerce, tiennent à se rendre compte. Aussi les chiffres que nous allons citer sont-ils exacts jusqu'aux unités.

« A la fin de 1859, il y avait sur l'étendue du lac 7200 habitants occupant 1660 maisons. La population avait gagné 1000 immigrants dans l'année ; nous parlions tout à l'heure de trois églises ; on en bâtit une quatrième, qui est protestante, et à côté de l'église sont toujours les écoles, fréquentées dès à présent par 300 enfants.

« Le lac figure une ellipse dont le petit axe a 10 kilomètres et le grand 20 kilo-

mètres, ellipse où trois des sommets sont occupés par les trois grosses machines d'épuisement; le Cruikhus, le Lynden et le Legwater. La superficie est de 18,000 hectares; 1000 hectares appartiennent aux digues, aux canaux, aux routes, aux terrains de services publics, tandis que 17,000 hectares livrés à la culture sont aussi soumis à l'impôt de défense de 20 francs par hectare.

« Leur état de mise en valeur est ainsi fixé :

	HECTARES.
Prairies de trèfle. . . . .	8,100
Céréales (froment, seigle et avoine). . . . .	6,900
Racines (pommes de terre, carottes). . . . .	600
Plantes industrielles (colza, lin, garance). . . . .	1,000
Cultures diverses (pépinières, légumes). . . . .	400
Total. . . . .	17,000

« On voit que les prairies balancent à peu près les cultures, grâce à la résistance des propriétaires qui imposent la prairie à leurs fermiers, très-disposés par eux-mêmes à abuser de la fertilité du sol pour faire des plantes industrielles; car le colza est presque toujours une première récolte et qui paye bien; le lin et la garance réussissent également; les céréales, d'ailleurs, tiennent une large place. On désire pourtant quelque chose de plus; ce sont des arbres, ils viennent rapidement, mais on n'en plante pas assez. On ne reconnaît la jeunesse du desséchement qu'à l'absence d'abri et d'ombrage.

« La statistique du bétail est curieuse; les exploitations qui tiennent de 50 à 150 hectares renferment :

Vaches laitières, bœufs et taureaux. . . . .	3,400
Moutons et cochons. . . . .	9,500
Chevaux. . . . .	2,000

« Les vaches laitières, belle et puissante race, à la robe blanche et noire, passent sept mois sur la pâture, où l'on va les traire deux fois par jour pour la fabrication du beurre et du fromage. Suivant l'usage de Hollande, les moutons et les chevaux d'élève vivent sur le pré à côté des vaches.

« Voilà donc un pays neuf, qui date à peine de six ans et qui présente déjà plus d'une demi-tête de bétail par hectare. Que de départements en France voudraient être arrivés là!

« La défense du polder, confiée à un syndicat, muni d'une assez forte autorité disciplinaire, coûte de l'argent. Examinons le budget de 1860 :

RECETTES.	DÉPENSES.
Solde créditeur de 1859. . . . .	50,000 fr.
Contribut. de 17,000 hect. à 20 fr. 340,000 »	340,000 »
Location de talus. . . . .	24,000 »
Emprunt et subsides. . . . .	128,000 »
Amendes, permissions. . . . .	10,000 »
Total. . . . .	550,000 fr.
	Total égal. . . . .
	550,000 fr.

« Ainsi, le syndicat manie un budget de 550,000 francs; il travaille comme une compagnie ancienne; il a du crédit sur la place, et, au moyen des ressources supplémentaires ainsi créées, il peut améliorer; il fait doubler le nombre des

chaudières, parce que la force d'évaporation est insuffisante. Il contribue à la construction des églises et des écoles, et s'efforce surtout à développer les chemins empierrés, première condition de vie et de mouvement à la campagne. <sup>1</sup>

#### TRAVAUX DE FASCINAGES. — CONSTRUCTION DES DIGUES.

Il y a longtemps que les Flandres et les Pays-Bas ont commencé à construire des digues pour se défendre contre les inondations et pour mettre à l'abri des flots de la mer les terrains conquis.

Mais, à l'origine, l'industrie humaine n'était pas assez avancée ; les digues les plus importantes cédèrent quelquefois, et il en résulta d'affreux désastres.

En 820, la mer rompit les digues ; une inondation terrible força les habitants à gagner les hauteurs et à fuir un nouveau déluge ; en 1014, beaucoup de villages furent engloutis ; en 1042, beaucoup de personnes en Flandre perdirent la vie. Au commencement du douzième siècle, les Flamands durent s'expatrier ; les fièvres s'étaient jointes aux inondations pour rendre le pays inhabitable.

En 1124, les premiers endiguements commencèrent par la création du polder de Lille.

Les marées du 16 février 1164 et du 1<sup>er</sup> novembre 1170 firent périr des milliers d'hommes et d'animaux, tant en Hollande qu'en Frise ; de même en 1212 pour la Nord-Hollande. Mais, à partir du treizième siècle, les polders et les digues se multiplièrent ; des polders, inondés plusieurs fois, furent plusieurs fois reconquis. Souvent, pendant les guerres, les digues étaient coupées pour couvrir d'eau les abords des places, et des batailles navales furent livrées à l'emplacement des polders actuels ; sous le premier Empire, les abords d'Anvers et les rives de l'Escaut furent ainsi défendus contre les flottes anglaises.

A des dates plus récentes encore, on signale de graves accidents : en 1825, dans la province d'Over-Yssel, 305 habitants et 16,000 bestiaux furent noyés, 574 maisons et fermes furent emportées et 2284 endommagées.

On conçoit, d'après ces exemples, quelle importance s'attache à la construction de digues solides.

C'est avec les fascinages que l'on établit et surtout que l'on protège ces ouvrages <sup>1</sup>.

**Éléments entrant dans les fascinages.** — Dans la constitution des fascinages entrent les éléments suivants (planche 7) :

1<sup>o</sup> Les piquets, de 1 à 3 mètres de longueur, dont le diamètre est  $\frac{1}{16}$  de la longueur. On préfère le chêne, le saule et le noisetier. Pour les revêtements, le saule est excellent, car il reprend racine et constitue une végétation favorable à la défense. Il va sans dire que le piquet doit être droit et sans nœuds ; le bout est affûté sur une longueur triple du diamètre.

2<sup>o</sup> Les fascines, formées d'une réunion de branches fines entourées par des harts.

Il y a plusieurs types de fascines. La fascine de Hollande est formée de branches de saule en pleine croissance, de 3 mètres à 3<sup>m</sup>,50 de long, réunies par

<sup>1</sup> Les travaux des fascinages et les endiguements des polders de l'Escaut sont décrits dans un ouvrage publié en 1850, par M. Kümmer, ingénieur des ponts et chaussées en Belgique.

deux harts, l'une à 0<sup>m</sup>,22 du gros bout, l'autre à 0<sup>m</sup>,60 plus haut; la circonference de la première est de 0<sup>m</sup>,50, et celle de la seconde 0<sup>m</sup>,40.

La petite fascine de Brabant est formée de bois de cinq années de croissance, mélange de chêne, de bouleau, de frêne et de noisetier; on admet un quart de remplissage en saule ou aune. Il y a deux harts: la première, à 0<sup>m</sup>,30 du gros bout, avec une circonference de 0<sup>m</sup>,37; la seconde à 0<sup>m</sup>,50 plus loin, avec une circonference de 0<sup>m</sup>,30.

Les fascines de Hollande sont longues et flexibles; aussi conviennent-elles bien à la confection des risbermes et des ouvrages à barbes.

La fascine de Brabant convient mieux au revêtement des talus, car, avec ses branches fines et serrées, elle donne une fourrure garnie, serrée et régulière.

Pour la confection des radiers et plates-formes, que l'on immerge en les chargeant d'argile, on confectionne de fortes fascines dans lesquelles on laisse de grosses branches.

3<sup>o</sup> Les clayons, longues branches de bois flexible (chêne, charme, saule, noisetier). Les clayons, destinés à être tressés, servent à confectionner les tunages et clayonnages.

4<sup>o</sup> Le tunage, figure 4 planche VII, est formé d'une ligne de piquets enlacés de clayons tressés. Chaque tresse est formée de plusieurs brins de clayon, ordinairement quatre brins. A coups de marteau, on enfonce les tresses successives pour les rendre jointives, et lorsque le tressage est achevé, on enfonce aussi les piquets: la tête de ceux-ci, étant garnie de morceaux de souche, empêche le soulèvement des tresses. Les tunages servent à arrêter le mouvement des terres; on les place au pied des digues ou sur les talus.

5<sup>o</sup> Les saucissons, figure 2, sont de longueur variable; ce sont des cylindres formés avec des branches tirées des fascines et reliées tous les 0<sup>m</sup>,10 par des harts afin de maintenir le remplissage. De fortes harts supplémentaires, tordues avec un bâton, sont placées tous les 0<sup>m</sup>,75. Le saucisson doit être très flexible afin de se prêter aux ondulations du terrain. On l'emploie pour constituer le grillage des plates-formes à échouer sous lest; quelquefois il remplace le tunage, lorsqu'on est pressé par le temps.

6<sup>o</sup> Les claires, dont la confection se comprend à la seule inspection de la figure 5, ont 2 mètres à 2<sup>m</sup>,50 de longueur; on les place sur les paillassonnages pour les protéger, et on les maintient par quatre piquets d'angle. On les utilise aussi au pied des dunes pour retenir le sable ou pour contribuer à la reformation des dunes.

7<sup>o</sup> Les roseaux s'emploient pendant l'année de leur croissance, lorsqu'ils sont sur le point de perdre les feuilles de leur sommet.

8<sup>o</sup> La paille sert à la confection des paillassonnages. On ne fait usage de la paille d'avoine qu'à défaut de paille de froment ou de seigle.

Avec ces éléments simples, on exécute d'importants ouvrages dont nous allons donner une description sommaire.

**Travaux de fascinage.** — 1<sup>o</sup> *Revêtements.* Les revêtements s'appliquent sur les talus des digues et les protègent contre le clapotage des vagues; ils s'étendent jusqu'à la limite des hautes mers de vive eau.

Le talus étant d'abord damé et dressé, on applique dessus un paillassonnage: le paillassonnage comprend deux couches, une de paille, l'autre de roseaux; ces deux couches sont cramponnées au talus au moyen de torsades en paille, écartées entre elles de 0<sup>m</sup>,20, et pénétrant en terre de 0<sup>m</sup>,15. L'enfoncement de

ces torsades dans la terre s'obtient au moyen d'une fourche en bois sur laquelle un ouvrier appuie de tout le poids de son corps.

Sur les digues très-inclinées (16), ces paillassonnages suffisent pour protéger les talus ; on les remplace après les fortes marées d'équinoxe.

L'épaisseur des paillassonnages atteint 0<sup>m</sup>,05 ; ils doivent recouvrir la terre d'une manière absolue, sans qu'on puisse l'apercevoir.

Le fascinage commence par la crête du talus, au moyen de trois fascines horizontales, parallèles à cette crête ; sur ces trois fascines, on en appuie d'autres, dirigées suivant les lignes de plus grande pente, le gros bout en haut ; un troisième rang de fascines, placé comme le second, recouvre les deux premiers ; le quatrième rang a les gros bouts tournés vers le pied de la digue et recouvre le troisième sur les deux tiers de sa longueur et la moitié de sa grosseur ; les rangs successifs, en descendant vers le pied de la digue, sont disposés de même ; de la sorte, on égalise la surface de revêtement qui doit avoir 12 à 15 centimètres d'épaisseur.

Le fascinage est fixé au glacis ou talus de la digue par des tunages, dirigés suivant les horizontales du talus et espacés de 0<sup>m</sup>,20.

Entre les tunages on place des moellons que l'on serre au moyen de coins.

2<sup>e</sup> Radiers. Les radiers en fascinages se placent au pied des digues qui peuvent être surmontées par les eaux, à la suite des écluses en maçonnerie, à la base d'une jetée ou d'un épi, partout en un mot où il y a à craindre des chutes d'eau et des assoufflements.

Considérons le fond d'un canal à la suite d'une écluse, fond que l'on veut recouvrir d'un radier en fascinages. On commence par le dresser à marée basse, puis on pose dans le sens du courant une couche de roseaux, que l'on recouvre par une couche transversale de 0<sup>m</sup>,96 d'épaisseur formée avec des branches tirées des fascines.

La-dessus, on étend des fascines dans le sens du courant, fascines disposées comme nous l'avons indiqué tout à l'heure en parlant des revêtements.

Sur le tout, on place et on fixe avec des piquets un grillage en saucissons écartés entre eux de 0<sup>m</sup>,90 et fixés par des piquets plantés obliquement.

Comme l'ensemble pourrait être soulevé à la marée montante, on fait alterner avec les saucissons des tunages à piquets verticaux.

Les cadres des tunages sont remplis au moyen de moellons.

3<sup>e</sup> Risbermes. Les risbermes s'emploient pour relier aux digues ou ouvrages supérieurs des fascinages échoués à plat au niveau de la basse mer, pour former le pied des digues et garantir les terrassements contre l'action des vagues et le clapotage des eaux, pour constituer des bajoyers d'écluses, des revêtements de quai, des musoirs de jetée.

La risberme s'arrête en général au niveau des marées de vive eau.

Elle s'établit sur un fascinage échoué ou disposé sur le sol à marée basse, et se compose de couches successives de terre glaise et de fascines de hauteur égale et légèrement inclinées vers l'extérieur, comme le montre la figure 6.

Sur le premier fascinage qui touche le sol on place une couche de terre glaise destinée à remplir les vides et à faire disparaître les irrégularités de la base.

Les risbermes ont en général 3 à 4 mètres d'épaisseur. Avec une épaisseur de 3 mètres, chaque assise possède 3 rangs de fascines ; les deux premiers sont le gros bout du côté de l'eau est le second est en retraite de 0<sup>m</sup>,50 sur le premier ; le troisième rang est en sens inverse et recouvre complètement le second.

Chaque assise de fascines est fixée par des tunages, espacés de 0<sup>m</sup>,75 ; le pre-

mier est sur le talus, un peu en arrière des harts du gros bout des premières fascines.

Les intervalles entre les tunages sont remplis jusqu'à la hauteur des piquets avec de bonne terre glaise.

Chaque assise de fascine ou de terre glaise a une hauteur de 0<sup>m</sup>,12 à 0<sup>m</sup>,16.

**4<sup>o</sup> Plates-formes.** Les plates-formes à échouer sous lest sont formées de plusieurs couches de fascines comprises entre deux grillages de saucissons : leur largeur ne dépasse pas 20 mètres et leur longueur varie de 10 à 150 mètres. Elles doivent posséder une flexibilité suffisante pour épouser les ondulations du sol.

On construit la plate-forme sur une surface unie découverte à basse mer et couverte à haute mer, afin de pouvoir plus tard la conduire à l'emplacement voulu.

Ayant établi le contour de la plate-forme, on pose, dans le sens de la longueur, des saucissons espacés de 0<sup>m</sup>,90 ; ces premiers saucissons ne doivent jamais être posés dans le sens transversal parce qu'alors ils favoriseraient les infiltrations.

Sur les saucissons inférieurs on en pose d'autres en travers espacés aussi de 0<sup>m</sup>,90 ; on réunit les files longitudinales et les files transversales à leurs points de croisement par un nœud croisé de cordes dites bitord, et on plante en ces points des piquets qui ne traversent pas entièrement les saucissons inférieurs et qui n'ont pour but que de maintenir visibles les bouts de cordes ayant relié les deux files de saucissons.

Sur les saucissons inférieurs on étale transversalement une couche de roseaux et sur celle-ci on applique aussi transversalement une couche de fascines dont les gros bouts sont en saillie sur le tracé de la plate-forme ; chaque fascine recouvre la précédente sur au moins un tiers de sa longueur.

Ces deux couches affleurent le plan supérieur des saucissons transversaux : vient ensuite un second lit de fascines dirigées perpendiculairement au premier, puis un troisième lit à angle droit sur le second.

Au-dessus on place un grillage de saucissons tout semblable au premier et dont les points de croisement sont liés avec les cordes fixées aux piquets dont nous avons parlé plus haut. Les piquets sont alors enlevés et les deux grillages rendus solidaires maintiennent entre eux les roseaux et les fascines.

Les lignes de saucissons du grillage supérieur sont recouvertes de tunages. — La plate-forme étant terminée est conduite par une mer calme à son emplacement ; de chaque côté sont rangés les bateaux portant le lest, qui se compose de terre ou de pierres. — Le poids du lest doit être de 720 kilogrammes par mètre carré.

**5<sup>o</sup> Fascinages à barbes.** Ils se construisent sur place et ont pour but de fermer une digue qui n'est pas achevée ou dans laquelle une brèche s'est établie.

M. l'ingénieur en chef Defontaine en a fait grand usage sur le Rhin, à partir de 1820. Comme nous aurons lieu de décrire ces intéressants travaux lorsque nous traiterons des rivières, nous ne nous en occuperons pas ici.

**Des digues.** — Les digues doivent être tracées de manière à englober la plus grande surface possible sous le moindre développement.

Il faut dans le tracé éviter les angles et les remplacer par des courbes d'autant grand rayon que possible.

Il faut étudier avec soin l'emplacement de la digue et ne pas trop l'avancer

soit en mer, soit sur les rives des fleuves, parce qu'on risque de rencontrer de mauvais terrains et de grandes difficultés d'exécution.

Souvent le sol est recouvert d'une première couche de terre ou de sable relativement résistante, tandis qu'on trouve au-dessous une vase ou une tourbe sans consistance ; il faut bien se garder alors d'entamer la couche superficielle.

La résistance des digues dépend essentiellement des matériaux qui la composent et, dans le cas qui nous occupe, de la qualité des terres dont le massif est formé et de l'adhérence qui existe entre les parties constituantes.

Il va sans dire que les calculs de stabilité ne conduisent qu'à des dimensions minima, lesquelles doivent être considérablement augmentées dans la pratique, parce qu'on ne peut faire entrer dans les formules l'action des vagues et des vents et les mille accidents de chaque jour.

Ainsi le calcul conduit à un profil en travers triangulaire, lequel évidemment ne saurait être admis.

D'un autre côté, l'inclinaison des talus dépend de la cohésion des terres ; la bonne terre franche se tient sous un talus de  $45^\circ$  ; la terre ordinaire prend un talus de  $37^\circ$ , la terre légère descend à  $30^\circ$  et le sable à  $18^\circ$ .

L'influence des vagues est variable avec l'inclinaison de talus qu'on lui présente, et sous ce rapport il y a aussi des précautions à observer.

En Hollande, les digues baignées directement par la mer et exposées à l'action des vents ont 4 mètres de largeur en crête, avec talus extérieur réglé à 10 de base pour 1 de hauteur : seulement ce talus est profilé suivant une courbe concave de manière à augmenter l'inclinaison de la partie supérieure qui est la plus exposée et à diminuer celle de la partie inférieure, qui a moins à souffrir des vagues et qui peut du reste être protégée par des revêtements. L'inclinaison de cette partie inférieure ne doit cependant jamais s'élever au-dessus de 1.

Pour les digues situées le long des fleuves, qui ne sont pas directement battues par la pleine mer, mais qui cependant sont exposées aux vents régnants, on adopte une largeur de 3 $m$ , 50 en crête et un talus extérieur de 6 pour 1.

Lorsqu'elles ne sont pas exposées aux vents régnants, on réduit la largeur de crête à 3 mètres et le talus à 5 pour 1.

Les digues qui ne sont jamais soumises à l'action des vagues peuvent recevoir une largeur de crête de 2 $m$  à 2 $m$ , 50 avec des talus à 4 ou à 3 pour 1.

Le gazon offre encore une certaine résistance sur des talus à 2 $\frac{1}{2}$  pour 1, mais c'est une limite qu'on ne saurait dépasser pour des talus mouillés ; au delà, il faut des revêtements ou des pierres.

Les revêtements en pierres sèches ont été appliqués avec succès pour les digues à la mer. Exemple : la digue d'Ostende, figure 7 planche VII. Le revêtement se compose de pierres sèches reposant sur un lit de blocailles, établi lui-même sur une couche de bonne glaise de 0 $m$ , 60 d'épaisseur. L'entretien de cette digue coûte 0 fr. 05 c. par mètre carré et par an ; cet entretien consiste à regarder les joints au moyen de coins en bois et de petites pierres.

Il va sans dire que des revêtements en pierre ne conviennent pas toujours aux terrains des Pays-Bas ; ils seraient dangereux s'il s'agissait de terrains spongieux, tourbeux et compressibles. Avec de pareils terrains, il faut autant que possible alléger les constructions et recourir à des digues en terre avec risbermes en fascinages analogues à celle du polder de Zuid-Plas précédemment décrite.

Dans le *Traité des Travaux Maritimes*, nous reviendrons du reste sur la construction des digues en maçonnerie ou en pierres sèches.

**Desséchement des moëres.** — Nous n'avons guère d'exemples de polders en

France : le plus connu comprend les moëres françaises et belges situées à l'est des Watringues sur une superficie d'environ 3500 hectares. — Leur niveau moyen était à 1<sup>m</sup>,80 au-dessous des plaines environnantes, de sorte qu'en été le sol restait marécageux et dégageait des miasmes pestilentiels. — Le dessèchement fut effectué en 1627 ; il comprenait l'établissement d'un canal de ceinture, la création de canaux intérieurs emmagasinant les eaux du polder et l'installation de moulins hollandais jetant au dehors les eaux surabondantes. Dix ans après, le lac était de nouveau submergé. Le dessèchement ne fut sérieusement repris et terminé qu'en 1826.

#### PROJET DE DESSÉCHEMENT DU LAC DE GRANDLIEU.

Le lac de Grandlieu, planche VIII, se trouve à 16 kilomètres au sud-ouest de Nantes sur la rive gauche de la Loire. Sa forme générale est celle d'un losange, dont le grand axe dirigé du nord au sud a 11 kilomètres de longueur et le petit axe 7 kilomètres. Sa superficie est de 3600 hectares.

C'est une dépression du gneiss qui reçoit les eaux torrentielles de trois rivières, la Boulogne, l'Ognon et le Tenu, et qui constitue pour ces cours d'eau un réservoir régulateur. L'écoulement dans la Loire maritime se fait par un seul émissaire, le canal de l'Acheneau, ouvert à travers une plaine submergée en hiver.

Il y a longtemps que l'idée du dessèchement de ce lac a été mise en avant. « Dès 1400, dit M. Mille, on proposait des projets aux ducs de Bretagne ; à la veille de la Révolution, l'intendant de la province avait autorisé l'opération, qui d'ailleurs était préparée par une autre. Les bénédictins de Buzay avaient eu, en 1711, le mérite d'assainir la vallée de l'Acheneau : voyant l'ancien débouché de Vue se perdre au milieu des atterrissements, ils avaient ouvert à travers les alluvions anciennes le canal de Buzay, complété plus tard par des écluses à l'entrée en Loire. L'effet ne s'était pas fait longtemps attendre, et 3000 hectares de prairies fauchables avaient émergé au-dessus du marais. Signalons encore un projet présenté à l'Empereur en 1806, lorsqu'il visita la Bretagne, projet qu'on écarta parce qu'il prenait comme émissaire, non plus l'Acheneau, route naturelle des crues, mais le canal de Haute-Perche, où un parcours de 25 kilomètres était remplacé par un autre de 50 kilomètres. »

Depuis le commencement du siècle, deux projets ont été présentés, l'un par M. Vallès en 1840, l'autre par M. Mille en 1859. Ce projet a soulevé d'énergiques oppositions et a été combattu par M. l'ingénieur en chef Éon-Duval.

Nous examinerons successivement les deux projets et le mémoire de M. Éon-Duval.

**Projet de M. Vallès.** — L'étude de M. Vallès est insérée aux *Annales des ponts et chaussées* de 1848 : elle est inspirée par le beau travail de de Prony sur les marais pontins.

Comme l'auteur le fait remarquer tout d'abord, les principales données d'un projet de dessèchement, celles qui doivent lui servir de base, sont :

- 1<sup>o</sup> La hauteur annuelle de pluie qui tombe sur le bassin considéré ;
- 2<sup>o</sup> La hauteur maxima et moyenne de pluie fournie par les orages ;
- 3<sup>o</sup> Le coefficient d'absorption des terres, c'est-à-dire le rapport entre la quantité de pluie absorbée par le sol et la quantité de pluie totale ; du coeffi-

cient d'absorption on déduit le coefficient d'écoulement, c'est-à-dire le rapport des eaux superficielles à la pluie totale ; le coefficient d'écoulement est en relation directe avec les crues des cours d'eau, puisque les crues violentes sont alimentées uniquement par les eaux superficielles ;

#### 4<sup>e</sup> L'évaporation annuelle.

Mais ces données ne peuvent s'obtenir d'une manière exacte que par une longue série d'expériences.

Cette longue série a manqué à M. Vallès ; c'est pourquoi son projet péche par la base. Il a pris comme point de départ des chiffres reconnus depuis complètement faux.

Ainsi, il admet comme hauteur de pluie annuelle à Nantes 1<sup>m</sup>,22 ; il trouve que l'intensité des orages varie d'une hauteur de 0<sup>m</sup>,065 à 0<sup>m</sup>,014, et il adopte comme intensité moyenne 0<sup>m</sup>,040 ; dans ce cas de l'intensité moyenne, la tranche d'eau superficielle, c'est-à-dire celle qui se rendrait directement aux rivières, serait de 0<sup>m</sup>,017.

Ces chiffres sont en opposition formelle avec ceux qu'a bien voulu nous communiquer M. Éon-Duval :

« Il résulte de 29 années d'expériences consécutives que la hauteur d'eau tombée varie réellement de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,90 dans la Loire-Inférieure et qu'elle est en moyenne de 0<sup>m</sup>,624. »

Il résulte des observations faites aux grands réservoirs alimentaires du canal de Nantes à Brest, que le rapport  $m$  de la quantité d'eau arrivée aux réservoirs au cube d'eau tombé sur le bassin alimentaire varie de 0,08 à 0,40 et est en moyenne de 0,23 ; que ce rapport augmente généralement avec la hauteur d'eau tombée, mais qu'il est singulièrement influencé par la répartition de la pluie pendant l'année. Les eaux superficielles sont d'autant plus abondantes qu'il tombe plus de pluie en hiver et moins en été ; ainsi que nous avons eu l'occasion de le dire plusieurs fois, les pluies d'été ne profitent guère aux cours d'eau, à moins qu'il ne s'agisse de versants imperméables et rapides.

Le rapport  $m$ , entre la hauteur des eaux superficielles et la hauteur totale de pluie, peut s'exprimer dans la Loire-Inférieure par la formule suivante :

$$m = 0,50 - \frac{1}{6H},$$

formule dans laquelle  $H$  représente la hauteur totale de pluie.

Le rapport  $m$  s'annulerait donc pour  $H = 0^m,33$  ; bien qu'il ne faille jamais appliquer les formules empiriques aux situations extrêmes, cette particularité ne doit pas être éloignée de la vérité, puisque la seule année où la hauteur de pluie est descendue à 0<sup>m</sup>,40, le rapport  $m$  n'a été que de 0,08.

Des explications précédentes il résulte que les nombres du projet de M. Vallès sont nécessairement inexacts, ce qui, du reste, n'enlève pas à son travail sa valeur théorique.

Il est donc inutile d'en examiner les détails d'exécution, et nous nous bornerons à dire qu'il entourait le lac d'une digue de ceinture, flanquée d'un canal de navigation, lequel recevait les eaux extérieures au lac et les conduisait à Buzay par l'émissaire de l'Acheneau ; qu'il enlevait les eaux intérieures au moyen de deux machines à vapeur ayant chacune une puissance de 20 chevaux ; qu'enfin il ménageait dans la digue d'enceinte des déversoirs et des vannages destinés à laisser pénétrer les eaux dans le polder en cas d'orages exceptionnels, et à permettre l'irrigation du polder pendant les sécheresses.

**Projet de M. Mille.** — Le plan général, figure 1, planche VIII, s'applique au projet de M. Mille.

La grande levée orientale commence au sud, près de Saint-Philbert, dans le coteau des Jamonnières, où elle s'enracine et se poursuit jusqu'à la butte voisine de Saint-Mars-de-Coutais. Elle porte presque partout en dehors de l'eau sur un fond relativement solide : les traversées de la Boulogne, de l'Ognon et de l'Acheneau, sont seules vaseuses et n'offrent pas de difficultés plus sérieuses que celles qu'on rencontre dans l'exécution des digues hollandaises.

Le profil en travers de cette grande levée est donné par la figure 3, planche VIII. Elle entoure 3760 hectares, dont 600 seulement de terres sablonneuses, formant la grève de Passay; le reste est composé d'une terre noire et vaseuse, renfermant 0,75 d'azote pour 100, c'est-à-dire le tiers de l'azote existant dans le fumier normal.

La cuvette du lac a la forme d'une coupe évasée, comme le montre la figure 2 ; si l'on adopte comme point de comparaison le zéro de l'échelle de Buzay, et que l'on mette en regard les surfaces couvertes par les eaux et les hauteurs correspondantes de la retenue, on trouve que pour les niveaux 1<sup>m</sup>, 70, 1<sup>m</sup>, 00, 0<sup>m</sup>, 75, 0<sup>m</sup>, 50 et 0<sup>m</sup>, 00, la superficie mouillée du lac est de 3400, 1400, 720 et 16 hectares.

Le niveau de l'eau dans le polder doit être maintenu au zéro de l'écluse de Buzay, et il en est de même du plafond du canal de navigation juxtaposé à la digue.

Pour faciliter l'écoulement, il faut évidemment curer l'Acheneau à vif pour en abaisser partout le fond au niveau du zéro de Buzay.

Ce travail effectué, l'écoulement sera possible, car en temps ordinaire la ligne des basses mers est voisine du zéro de l'écluse de Buzay ; il y a donc dénivellation entre le canal émissaire et la Loire maritime, et par suite l'écoulement se produit ; à la mer montante, les portes de l'écluse de Buzay se ferment pour se rouvrir à la basse mer suivante, et laisser échapper une nouvelle quantité d'eau.

Malheureusement, les portes de Buzay cessent de s'ouvrir utilement lorsqu'elles sont chargées de plus d'un mètre d'eau à basse mer, et, dans ce cas, quelle que soit la largeur donnée à l'écluse, il n'y a plus écoulement de l'Acheneau à la Loire maritime.

Or, ce phénomène se produit dès que la Loire est en crue, c'est-à-dire pendant la saison humide, et précisément à l'époque où il faudrait donner issue aux eaux surabondantes du lac et de l'Acheneau.

Pendant l'hiver 1852-1853, les portes de Buzay furent trois mois inutiles ; les eaux s'accumulèrent dans le lac et dans la vallée, et cet état de choses ne prit fin qu'à la baisse de la Loire.

Un débouché toujours libre serait donc, dit M. Mille, un grand bienfait ; il deviendrait la sauvegarde du pays, parce que, l'écoulement s'opérant avec rapidité, on n'aurait jamais à redouter la coïncidence fatale des crues.

Ce débouché toujours libre, M. Mille le trouve à 8 kilomètres en aval de Buzay, au Migron, et il prolonge l'Acheneau par le canal du Migron, qui a une longueur de 10 kilomètres et une largeur de 10 mètres au plafond, avec talus inclinés à  $\frac{1}{3}$ . Au Migron, la basse mer est inférieure de 0<sup>m</sup>, 50 à la basse mer de Buzay ; c'est donc une chute de 0<sup>m</sup>, 50 en descendant ainsi vers l'aval l'embouchure de l'émissaire, et cet avantage est acheté par un allongement de parcours de 5 kilomètres. Lors des crues du fleuve, la courbe de raccordement des eaux

fluviales avec la basse mer se prolonge au delà de Buzay et du Migron, mais elle a une certaine pente entre ces deux points, et lorsque l'écluse de Buzay ne fonctionne plus, le Migron travaille encore, même aux jours de crue exceptionnelle.

L'ouverture du nouveau débouché est donc le seul moyen de donner sécurité complète à la vallée.

Grâce à lui, le polder sera pour toujours asséché, on ne sera plus exposé à le submerger de nouveau pour sauver la vallée de l'Acheneau des inondations.

Sur la rive occidentale du lac, un simple fossé de délimitation suffirait; mais il vaut mieux le remplacer par un petit canal de 5<sup>m</sup>,00 d'ouverture, propre à la navigation.

On profite de la chute de 0<sup>m</sup>,50 au Migron pour donner au canal de ce nom une pente de 0<sup>m</sup>,05 par kilomètres, et à son embouchure en Loire, on établit une écluse à sas de 10 mètres de large, garnie d'une double paire de portes et capable d'arrêter le fleuve en crue ou de maintenir les eaux à un niveau convenable dans la vallée.

Les débouchés du Migron et de Buzay suffiront à abaisser le niveau du lac de 1<sup>m</sup>,70 à 0<sup>m</sup>,50, et l'épuisement sera achevé par une machine à vapeur de 40 chevaux.

La dépense s'élèvera à 3 millions et demi.

La seule crainte à concevoir est relative à l'écoulement des crues produites par les pluies continues de la saison humide. La présence du lac n'a pas empêché l'inondation de 1853 : lorsque ce réservoir régulateur sera supprimé, n'y a-t-il pas lieu de craindre des inondations plus redoutables encore? Non, répond M. Mille, car le canal du Migron, avec une hauteur d'eau de 2<sup>m</sup>,50, une largeur de 34<sup>m</sup>,20 et une pente de 0<sup>m</sup>,05, peut débiter 16 mètres cubes à la seconde; si de son côté le débouché de Buzay travaille aussi, l'Acheneau, vidé par ces deux orifices, sera bientôt débarrassé.

En ce qui touche la vidange du lac, il contient entre la cote 1,70 et la cote 1 mètre 19 millions de mètres cubes d'eau, entre 1<sup>m</sup> et 0<sup>m</sup>,50 3 millions et demi de mètres cubes ; reste au-dessous un étang de 300 hectares avec 1 500 000 mètres cubes que la machine à vapeur sera chargée d'enlever avant qu'elle ne serve à l'entretien du polder.

Les deux premières tranches s'en iront par le canal du Migron, grâce au jeu des marées : au Migron, les marées ont déjà leur allure régulière, le flot et le jusant règnent chacun pendant six heures environ ; pendant le flot, les portes seront fermées ; pendant le jusant, elles seront ouvertes et fonctionneront comme si le niveau de la mer restait à la cote constante de 0<sup>m</sup>,42 ; considérons le lac à la cote moyenne de 1<sup>m</sup>,35 ; il y aura par le canal un débit de 57 mètres cubes. Cela fait 246 000 mètres cubes par jour, et en 77 jours les 19 millions seront épuisés, sans tenir compte du débouché de Buzay réservé pour secours.

En répétant les calculs pour la deuxième tranche, on verra que le débit est réduit à 2<sup>m</sup>,15. — Cela fait 100 000 mètres cubes par jour, et la deuxième tranche sera épuisée en 35 jours.

Les vitesses moyennes ont été calculées par la formule des ingénieurs italiens :

$$u = 50 \sqrt{r \cdot i}$$

Le travail achevé, le lac sera remplacé par un domaine de 3000 hectares, où

chaque hectare représentera au moins 4500 fr. et où la valeur foncière s'élèvera en total à 14 millions de francs.

**Objections et contre-projet de M. Éon-Duval.** — M. l'ingénieur en chef Éon-Duval, chargé de défendre les intérêts des propriétaires de la vallée de l'Acheneau, commence par contester l'utilité publique du dessèchement du lac de l'Acheneau.

« Il n'y a pas d'utilité publique, dit-il, à supprimer le modérateur naturel d'une vallée de 1250 kilomètres carrés.

En effet, la vallée de l'Acheneau est située à plus de 1 mètre en contre-bas des hautes mers de vive eau en Loire et n'a pas de pente longitudinale. Souvent, l'écoulement de ses eaux ne peut se faire que par intermittence ; et, par suite, il est indispensable pour cette vallée d'avoir un puissant réservoir qui permette de ne les envoyer que peu à peu et en quantités telles qu'il n'en arrive pas trop à la fois vers son débouché. On cherche à établir d'immenses réservoirs sur nos principaux fleuves pour en atténuer les crues. On ne peut donc rationnellement songer à supprimer le lac de Grandlieu ; on devrait peut-être le créer, s'il n'existe pas naturellement.

Quoique nous ne soyons pas compétent en matière de salubrité, nous n'avons pu nous dispenser d'être frappé de ce que l'assèchement du lac mettrait à découvert 3000 hectares aussi chargés d'azote que s'ils contenaient un tiers de fumier. Cette situation doit inspirer les plus graves inquiétudes sous le rapport sanitaire ; les statistiques médicales, d'accord avec la notoriété, indiquent le voisinage du lac comme suffisamment sain. Que deviendra ce pays, au moins pendant plusieurs années ?

Un lac n'est pas un marais. Autant un marais est insalubre, autant un lac peut être favorable à la santé.

Depuis un siècle, bien des projets de dessèchement du lac ont été présentés ; jamais une voix ne s'est élevée en leur faveur dans le pays ; tous, sans distinction de classe ou d'opinion, ont toujours été unanimes pour en proposer le rejet. On sentait parfaitement que le lac ne se remplacerait pas et que la nécessité de déversoirs et de vannes de décharge suffisait pour prouver que les projets étaient inadmissibles. »

Dans le cas où, malgré les observations précédentes, l'utilité publique du dessèchement serait reconnue, il y aurait lieu de faire subir au projet les modifications suivantes (les cotes étant toujours prises par rapport au zéro de l'écluse de Buzay) :

1° Le dessécheur ne pourrait être autorisé à faire varier le plan d'eau du canal de Buzay de la cote 1<sup>m</sup>,50 à la cote 2<sup>m</sup>,00, à introduire l'eau de mer pour maintenir le niveau entre les limites susdites, et à faire en tout temps des prises d'eau dans le canal de ceinture pour l'irrigation de son polder.

En effet, à la cote de 2 mètres, 900 hectares de prairies de la vallée de l'Acheneau sont submergés, et ce serait un désastre à l'époque des récoltes si on permettait au dessécheur d'établir cette cote lorsqu'il le désirerait ; et il serait porté à le faire pendant l'été afin de maintenir dans le canal de ceinture assez d'eau pour obtenir un bon arrosage de son polder.

La situation de la vallée serait donc beaucoup moins bonne qu'actuellement, puisque le syndicat de Buzay a le droit d'abaisser la cote à 1<sup>m</sup>,75. D'un autre côté, les eaux de mer sont très-vaseuses ; on serait forcé d'en introduire en été de grandes quantités ; de là des dépôts considérables et des envasements dont le draguage serait coûteux.

Il y a donc lieu de fixer la cote d'étiage de l'émissaire à 1<sup>m</sup>,60, attendu que les plus bas marais sont à la cote 1<sup>m</sup>,70, et de permettre l'irrigation du polder tant que les eaux dans le canal de ceinture ne seront pas descendues au-dessous de 1<sup>m</sup>,40.

Comme le plafond des canaux et rivières doit être porté à 0<sup>m</sup>,90 au-dessous du zéro de Buzay, on aura toujours pour la navigation un tirant d'eau de 1<sup>m</sup>,60.

2<sup>o</sup> L'Acheneau et le canal de Buzay seraient approfondis à la cote 0<sup>m</sup>,20 au-dessous du zéro, on leur donnerait une largeur minima de 15 mètres, le busc de l'écluse de Buzay serait descendu de 1 mètre et sa largeur serait portée à 15 mètres, ce qui permettrait de créer sur l'Acheneau et le canal une pente de fond de 0<sup>m</sup>,03 par kilomètre.

Par ces moyens, on créerait un débouché bien supérieur à celui du Migron et du canal actuel réunis et on économiserait plusieurs centaines de mille francs. Si les deux débouchés étaient créés, l'un des deux s'envaserait nécessairement ainsi que cela est arrivé pour l'ancien canal de Vue.

D'après M. Mille, pendant l'hiver de 1852-1853, les portes de Buzay n'étaient d'aucun service, alors qu'elles supportaient au moins 2 mètres au plus faible de la marée.

C'est une erreur, dit M. Éon-Duval, car l'eau était en amont de Messan, à 4 kilomètres de la Loire, à la cote de 3<sup>m</sup>,50 au moins, ce qui à mer basse constituait sur la longueur susdite une pente de 1<sup>m</sup>,50 capable de donner un débit énorme.

Ainsi, les crues de la Loire en hiver ne gèneraient pas sérieusement l'écoulement des eaux de l'Acheneau.

Les crues d'été sont plus à craindre. M. Éon-Duval examine les crues de mai et juin 1856, il dresse un tableau indiquant pour chaque jour la hauteur de la Loire à Nantes, l'apport de la vallée de l'Acheneau et le débit par Buzay; il en déduit la cote intérieure des eaux, l'apport n'étant pas assez considérable pour établir des pentes appréciables.

Dès que la cote 1<sup>m</sup>,70 est dépassée, de vastes plaines submersibles commencent à être envahies par les eaux, et pour connaître la cote finale, il faut employer la méthode des cubatures ainsi que M. Éon-Duval a eu soin de le faire. Il trouve ainsi que pendant les crues de mai et juin 1856 le niveau intérieur n'aurait pas dépassé 1<sup>m</sup>,86, en supposant effectués les travaux d'approfondissement et d'élargissement ci-dessus signalés, et en supposant, en outre, que la digue de ceinture a été reculée dans le lac de manière à ménager entre la Boulogne et l'Ognon un réservoir modérateur de 800 hectares de superficie. C'est à la puissance de ce modérateur que serait dû presque uniquement le bon résultat qu'on obtiendrait, et sans lui il serait impossible, lors des crues d'été, de maintenir au-dessus de l'eau une grande partie de la vallée qui se trouve actuellement hors de l'atteinte des inondations d'été.

En ce qui touche les crues d'hiver, M. Éon-Duval reprend les calculs de débit présentés par M. Mille; suivant lui, dans les apports d'eau considérables, la pente des eaux entre l'embouchure de la Boulogne et le bas de la vallée sera plus grande qu'il ne le suppose le projet; il y aura donc surélévation à l'amont et abaissement à l'aval, de sorte que le débit en Loire tombera au-dessous des prévisions et que des inondations se produiront dans les parties supérieures de la vallée.

Avec les modifications du projet réclamées par M. Éon-Duval, le mal serait

de beaucoup atténué, et dans les crues les plus intenses, la cote de l'eau à l'embouchure de la Boulogne ne dépasserait pas 3<sup>m</sup>,50.

Mais il vaut mieux, conclut M. Éon-Duval, abandonner le projet de dessèchement; car l'avantage de livrer à l'agriculture 3600 hectares de terrain ne semble pas suffisant pour compenser les inconvénients du projet sous les rapports hydraulique, sanitaire et politique. — Avec une dépense inférieure à 1 million, on peut construire une écluse à Buzay, approfondir et élargir au besoin le canal de Buzay et l'Acheneau, et faire dans le lac un chenal de navigation, de manière à permettre l'abaissement permanent de l'étiage à la cote de 1<sup>m</sup>,60. Tous les intérêts engagés seraient satisfaits dans une juste mesure, même ceux du propriétaire du lac qui pourrait mettre en valeur plusieurs centaines d'hectares de terrain.

*Conclusion.* — Le projet de dessèchement du lac de Granlieu n'a pas été suivi d'exécution, et, si nous avons parlé de ce projet, c'était pour mettre en relief les difficultés techniques et pratiques que soulèvent les grandes entreprises de ce genre.

Ainsi que nous le verrons encore en traitant des canaux d'irrigation, ces entreprises présentent souvent de graves mécomptes, et c'est avec la plus grande prudence qu'il faut les aborder en ayant soin de réserver à l'imprévu une très-large part.

#### INFLUENCE DES MARAIS SUR LA SANTÉ PUBLIQUE.

Les lacs et les étangs, dont l'eau se renouvelle sans cesse ou dont les abaissements de niveau n'entraînent pas l'émersion de grandes surfaces de terre, ne sont pas dangereux pour la santé publique, ils lui sont plutôt salutaires. Mais les marais, alternativement submergés et mis au jour, sont le siège d'une fermentation putride que la chaleur active; les miasmes et les fermentations se répandent dans l'air et engendrent des fièvres, souvent terribles; quelquefois, ces fermentations sont transportées par les vents à de grandes distances. Ce qui caractérise les marais, ce sont les alternatives fréquentes de vie et de mort aussi bien pour les animaux que pour les végétaux. Les terrains imperméables qui retiennent les eaux sont éminemment favorables au développement des marais; les plateaux perméables au contraire sont très-sains et ne conservent pas d'eau superficielle. Dans les vallées perméables, le défaut de pente et de débouché des cours d'eau peut déterminer la production de marécages; mais, lorsque ceux-ci sont asséchés, les miasmes disparaissent bien vite et n'ont plus tendance à reparaitre.

Le dessèchement des marais imperméables est plus longtemps à faire sentir ses effets bienfaisants, mais ils n'en sont pas moins réels, ainsi que le prouvent de nombreux exemples.

A 12 kilomètres au sud-ouest de Rochefort se trouvait le marais de Brouage, sur lequel les rapports officiels de 1819 donnent les détails suivants :

« 6000 hectares environ sont couverts d'eaux marécageuses où s'amoncellent avec une égale rapidité la vase, les roseaux et les poissons. Échauffés par les ardeurs de l'été, ces divers objets, et surtout les anguilles entassées en véritables bancs, fermentent, se corrompent et exhalent au loin tous les miasmes de la plus horrible putréfaction. Des nuées de moustiques et d'insectes remplissent

cet air méphytique et l'arment encore d'un nouveau fléau ; d'innombrables reptiles sillonnent le sol de toutes parts ; point d'arbres pour purifier tant de gaz délétères et servir d'abri contre un soleil brûlant ; point de routes certaines pour sortir de cet inextricable labyrinthe ; à peine quelques cabanes éparses, quelques pâtres dont les traits livides révèlent l'inévitable consommation.

« Plus ou moins communs aux abords des marais, les mêmes symptômes attestent encore au delà la même influence. Chaque année les fièvres lentes et endémiques que développe cette influence minent et déciment à plusieurs lieues de distance la population des communes environnantes, dont la mortalité dépasse le treizième de la population. Chaque année les troupeaux mêmes sont ravagés par les plus terribles épizooties. »

La situation, que le rapporteur officiel de 1819 signalait dans un style trop imagé peut-être, s'est bien améliorée depuis : le desséchement a été commencé en 1824 ; les terrains ont augmenté de valeur, et les diverses causes d'insalubrité se sont amoindries. Elles n'ont pas encore complètement disparu, et cela tient à la nature imperméable du sol qui rend très-difficile un desséchement complet.

Les plantations sont, comme nous l'avons vu en parlant de la plaine de l'Haïdra, un puissant auxiliaire des travaux de desséchement.

*Régime des ouvriers employés aux desséchements.* — Dans les climats tempérés et dans les climats chauds, la période d'exécution des travaux de desséchement est des plus dangereuses, puisqu'elle possède, outre les miasmes du marais, ceux qu'engendrent toujours les grands mouvements de terre.

Aussi, les travaux de ce genre ne doivent-ils, autant que possible, être exécutés que pendant la saison froide, et il faut imposer aux ouvriers qu'on y emploie un régime spécial.

M. Carvallo, ingénieur des ponts et chaussées, chargé de la canalisation de l'Èbre, a nettement indiqué, dans les *Nouvelles Annales de la Construction*, mai 1867, les précautions à prendre : nous les reproduirons d'après lui :

« Deux défauts, dit-il, caractérisent les terres basses : elles sont trop compactes comme tous les dépôts très-ténus ; elles sont extrêmement dures et sèches dans la chaleur, réduites à l'état de boues visqueuses par les temps de grande pluie.

« L'agriculture raisonnée et intelligente fournit des moyens sûrs de combattre ces deux difficultés : le travail mécanique, les engrains verts à longue paille et des fossés à ciel ouvert, assez profonds et en nombre suffisant, transforment en peu de temps le sol cultivé.

« Mais il est une difficulté plus grande qui a pendant des siècles arrêté la mise en culture suivie, rationnelle et largement productive de ces plaines fécondes ; c'est la question de l'hygiène, c'est la fièvre en un mot, qui emporte et décime les ouvriers, et qui jette le découragement dans les entreprises les plus énergiquement organisées.

« Quand on parcourt ces vastes territoires, on est frappé du petit nombre de fermes isolées qui se rencontrent dans la campagne.

« Les villages sont groupés sur de petites collines, les laboureurs font des lieues entières pour se rendre aux champs ou pour en revenir.

« Ils ne partent qu'après le lever du soleil, ils hâtent leur rentrée avant le coucher. Leur teint hâve et jaunâtre, les femmes amaigries et dépourvues de tous les charmes qui sont l'apanage de la jeunesse et de la santé, des enfants au teint verdâtre, au ventre ballonné, vous disent bien vite que vous entrez dans le domaine des fièvres paludéennes.

« La fièvre, voilà l'ennemi.

« Si l'on peut parvenir à le combattre et à le vaincre, le succès est assuré. Aussi croyons-nous que l'étude des moyens appropriés à ce but est le point de départ de toutes les exploitations agricoles du genre de celles dont il s'agit, et nous croyons rendre service à nos lecteurs en leur faisant part des résultats de notre expérience.

« On nous pardonnera le peu d'importance apparente des détails qui vont suivre : dans une semblable question, tout est dans ces détails.

« *Régime normal.* — Voilà le régime que nous avons appliqué, soit dans les grands travaux de terrassements en Italie, en France, en Espagne, soit dans les rizières que nous avons créées dans les *prados* ou *llanos* du delta de l'Èbre.

« Nos travailleurs ne sortent qu'après le lever du soleil. On leur donne d'abord, à jeun, un petit verre d'eau-de-vie ou une tasse de café.

« A neuf heures, ils prennent un premier repas et font un déjeuner léger en fumant une cigarette.

« A midi le déjeuner tonique, avec soupe et portion de viande.

« A quatre heures, repos et goûter. Pendant toute la journée, il leur est sévèrement interdit de boire de l'eau.

« On leur distribuait, au début, chaque jour un litre de vin par homme et du café; aujourd'hui les ouvriers apportent leur vin, dont ils doivent faire l'usage le plus strictement modéré.

« Malgré ces précautions, les hommes qui s'exposent à dormir, dans le jour, sur la terre nue, ou qui sont surpris, ayant chaud, par une pluie abondante ou par un orage, étaient fréquemment atteints de la fièvre marétique.

« Le sulfate de quinine à haute dose, légèrement aiguisé d'acide sulfurique, triomphait de ces accès assez facilement.

« Notre expérience prolongée nous permet d'affirmer qu'aucune des personnes qui se sont le plus exposées, même de nuit après le coucher du soleil, même le matin avant son lever, aux émanations des marais, et cela, dans les périodes les plus dangereuses d'août, septembre et octobre, n'a été atteinte en observant le régime suivant :

« *Régime médical.* — Prendre un peu de café au quinquina le matin à jeun, avant de traverser les marais;

« Nourriture tonique, boisson d'eau mélangée de café, non sucré;

« Usage extrêmement modéré de vin pur;

« Emploi de la glace pour rafraîchir les boissons et détruire les principes de fermentation que peuvent contenir les eaux exposées au soleil et renfermant des détritus organiques plus ou moins abondants, comme celles des canaux d'irrigation.

« Toutefois, les appareils Carré, que l'on peut employer à cet effet, ont pour inconvénient que les sels employés se décomposent à la chaleur; et si l'on ne peut pas se procurer de glace naturelle, il est plus simple et plus sûr de conserver les eaux servant à la boisson dans de grands réservoirs intérieurs abrités de la chaleur, et sur des filtres de charbon et de galets maritimes.

« Des exemples nombreux et répétés permettent d'assurer qu'avec ce régime régulièrement suivi on peut préserver la santé de tous les travailleurs. »

## LÉGISLATION DES DESSÉCHEMENTS.

**Législation ancienne.** — Henri IV avait concédé au Hollandais Bradley le droit de dessécher tous les marais du royaume, moyennant la possession de la moitié des surfaces desséchées.

En 1764 parut un édit qui exemptait les dessécheurs de marais de tout impôt pendant 20 ans.

Plusieurs desséchements furent opérés sous ce régime ; mais la plupart susciterent des procès et des difficultés sans nombre peu faites pour encourager les entrepreneurs de travaux de ce genre.

En 1790, une loi de desséchement fut préparée, mais resta lettre morte.

**Loi de 1807.** — La loi de 1807 fut considérée comme un grand progrès ; néanmoins on l'a vivement attaquée, tantôt parce qu'elle ne protégeait pas assez la propriété privée, tantôt parce qu'elle ne donnait pas aux concessionnaires des bénéfices suffisants. La vérité est qu'il semble impossible, en ces matières, de ne pas froisser quelque intérêt, et qu'il est très-difficile de concilier l'intérêt général avec les intérêts particuliers.

Voici les deux premiers articles de la loi du 16 septembre 1807 :

Art. 1<sup>er</sup>. — La propriété des marais est soumise à des règles particulières.

Le gouvernement ordonnera les desséchements qu'il jugera utiles ou nécessaires.

Art. 2. — Les desséchements seront exécutés par l'État ou par des concessionnaires.

Dans notre opinion, des opérations de ce genre devraient toujours être effectuées par l'État ; en pratique, on a presque toujours eu recours à des concessionnaires.

Dans ce cas, la concession est accordée à celui qui réclame la plus faible indemnité de plus-value. A égalité, on préfère à un étranger un groupe de propriétaires intéressés.

Les concessions sont faites par décrets rendus en conseil d'État, sur des plans dressés ou contrôlés par des ingénieurs des ponts et chaussées, après enquête.

Le titre II est relatif à la fixation de l'étendue, de l'espèce et de la valeur estimative des marais avant le desséchement. Un syndicat des propriétaires intéressés nomme un expert chargé de l'évaluation des terrains, le concessionnaire en nomme un autre, et le préfet un troisième. Les ingénieurs sont adjoints aux experts pour lever les plans et tracer les périmètres des diverses classes de terrains. Le plan et le classement des terrains sont approuvés par le préfet, et soumis pendant un mois aux observations du public ; le préfet peut ordonner un supplément d'information. Après la répartition des terrains en classes, les experts fixent le prix afférent à l'unité de chaque classe ; leur procès-verbal est soumis à une enquête d'un mois : les réclamations sont jugées par le conseil de préfecture. L'estimation doit être homologuée par la commission spéciale dont il sera parlé ci-après, et cette commission spéciale n'est pas forcée de suivre l'avis des experts.

D'après le titre III, lorsque le desséchement ne peut être opéré en 3 ans, l'acte de concession pourra accorder aux concessionnaires une portion en deniers du produit des fonds qui ont les premiers profité des travaux.

Le titre IV considère les marais après le desséchement. Quand les travaux sont reçus, les experts font une nouvelle classification des fonds desséchés, et cette classification est suivie d'une estimation dans la même forme que tout à l'heure.

D'après le titre V, des rôles sont alors établis, portant pour chaque propriété la plus-value et la proportion qui en revient au concessionnaire; les propriétaires peuvent se libérer en délaissant une partie du fonds. Le rôle des plus-values est arrêté par la commission spéciale et rendu exécutoire par le préfet.

Lorsqu'un desséchement est fait par l'État, sa portion dans la plus-value sera fixée de manière à le rembourser de toutes ses dépenses.

Pendant la durée des travaux, c'est le concessionnaire qui est chargé de l'entretien de tous les ouvrages. Après la réception des travaux, l'entretien et la garde sont à la charge des propriétaires (titre VI). Une commission syndicale est établie à cet effet.

Le titre X règle l'organisation et les attributions des commissions spéciales, formées de sept membres nommés par le chef de l'État et pris parmi les personnes connaissant le mieux les localités et les matières sur lesquelles elles auront à se prononcer. Ces commissions ont les pouvoirs énumérés aux paragraphes précédents.

La loi de 1807 sur les desséchements est complétée, surtout après l'exécution des travaux, par la loi du 14 floréal an XI relative aux travaux de curage et d'endiguement.

**Loi du 21 juin 1865.** — Nous avons donné les principaux articles de la loi du 21 juin 1865 en traitant de la législation des curages.

Pour les travaux de desséchement comme pour les autres travaux énumérés à l'article 1<sup>er</sup>, l'unanimité des intéressés peut se réunir en association libre. Mais, en outre, conformément à l'article 8, les propriétaires intéressés à l'exécution des travaux de desséchement peuvent être réunis, par arrêté préfectoral, en association syndicale autorisée, soit sur la demande d'un ou de plusieurs d'entre eux, soit sur l'initiative du préfet.

La majorité des intéressés, établie comme nous l'avons dit pour les travaux de curage, peut donc forcer la minorité à exécuter les travaux. Le législateur n'a pas voulu que, dans une matière si grave, le mauvais vouloir de quelques-uns pût arrêter une opération profitable non-seulement à des intérêts particuliers, mais à la salubrité publique.

Les règles à suivre pour l'application de la loi de 1865 aux travaux de desséchement sont les mêmes que pour les travaux de curage.

Nous n'insistons pas sur ces questions, que nous reprendrons en détail dans la section relative au droit administratif.

## CHAPITRE II

### DRAINAGE

#### DÉFINITION DU DRAINAGE.

Le drainage, de l'anglais *drain* (égout), est une opération qui consiste à assécher le sol par voie souterraine. L'expulsion des eaux en excès se fait non pas par des rigoles et fossés à ciel ouvert, mais par des cavités intérieures.

Autrefois, on creusait dans le sol à assainir des tranchées, au fond desquelles on plaçait des fascines ou des pierailles, que l'on recouvrait de gazons ou de bonne terre franche bien pressée, et on achevait de remplir la fouille avec les produits du déblai.

C'est en Angleterre et en Écosse, pays de terres fortes, que le drainage a commencé à se développer sérieusement au commencement de ce siècle. On remplaça sur certains points les pierrees par des aqueducs à section triangulaire ou rectangulaire, formés de trois ou de quatre pierres plates, figure 1, planche X, arc-boutées les unes contre les autres, surmontées de pierailles et d'un remblai en terre.

Vers 1830, on vit apparaître le drainage en poterie : le premier système se composait d'une tuile creuse, posée sur une tuile plate, figure 2; ce n'est guère qu'en 1840 qu'on eut recours au système simple des tuyaux en terre cuite, placés bout à bout.

Tel est aujourd'hui le seul système usuel : les files de tuyaux sont espacées de 8 à 20 mètres, suivant les terrains, leur profondeur est de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,80; les nombreux joints des tuyaux dont une file est composée reçoivent l'eau des nappes souterraines, qui tombe naturellement par l'effet de la pesanteur : ces suintements multipliés se réunissent dans les tuyaux et y forment un courant. Les courants élémentaires se rendent dans des tuyaux de plus grand diamètre qu'on appelle les collecteurs, et ceux-ci aboutissent aux fossés, aux cours d'eau ou aux puisards chargés d'absorber le produit du drainage.

Cette description sommaire nous suffira pour comprendre les effets que le drainage exerce sur les qualités physiques et chimiques des terres et sur la végétation.

## EFFETS DU DRAINAGE.

Le drainage produit quatre genres d'effets différents : 1<sup>o</sup> des effets physiques ; 2<sup>o</sup> des effets chimiques ; 3<sup>o</sup> des effets météorologiques et hygiéniques ; 4<sup>o</sup> des effets agricoles.

Au point de vue physique, il enlève les eaux stagnantes et abaisse les nappes d'eau souterraines ; il diminue l'évaporation et aménage les eaux pluviales ; il donne de la porosité aux terres les plus compactes, et en rend la culture incomparablement plus facile ; il enlève aux terres leur froideur, c'est-à-dire que la chaleur qu'elles reçoivent en été n'est plus absorbée par l'évaporation de l'eau surabondante ; elle produit un autre travail plus utile, celui de la végétation.

Au point de vue chimique, le drainage permet à l'air et aux gaz qui le composent de circuler dans le sol et d'y produire les réactions nécessaires à la germination, à l'assimilation des engrains et des amendements.

Au point de vue météorologique, le drainage diminue les brouillards ; ceux-ci se manifestent, en effet, surtout sur les terrains marécageux, où la nappe d'eau est à fleur de sol ; il met l'atmosphère en contact avec une surface saine et vivante, qui ne lui abandonne pas de décompositions putrides, et c'est ainsi qu'il agit au point de vue hygiénique en améliorant le climat et en éloignant de la surface du sol une humidité constante.

Les effets agricoles sont des plus importants : le drainage permet les labours profonds en toute saison, il ameublit la terre, la rend plus douce à travailler et lui enlève son excès de compacité et d'adhérence. Il rend possibles les cultures fourragères, à racines pivotantes, là où les eaux surabondantes du sol les rendaient impossibles. La culture perfectionnée avec ses assolements peut alors s'établir avec succès et profit. Les conséquences agronomiques et financières du drainage, dit M. de Villeneuve, sont donc enfermées, non point dans la quantité de gerbes de plus que rend un terrain drainé, soumis à une mauvaise rotation de céréales, sans culture fourragère intercalée, mais dans ce fait agronomique bien autrement fécond : le drainage rend possibles les lucratives rotations agricoles fondées sur l'alternance des meilleures cultures fourragères. C'est là une amélioration qui, en France, vaut moyennement 40 francs de revenu par hectare.

A tous ces avantages s'en ajoutent d'autres, que M. de Villeneuve résume ainsi :

L'amélioration du cours des eaux, la multiplication des sources artificielles remplaçant les barrages, les mares et les étangs artificiels ; les irrigations devenant ainsi plus faciles, les inondations moins désastreuses, la navigation plus régulière, les dérivations moins chères, et le débit des canaux plus régulier. Voilà les conséquences heureuses d'un drainage largement exécuté.

Les irrigations elles-mêmes peuvent devenir plus faciles, si l'on introduit de l'eau dans les drains qui propageront l'humidité dans le sol, sans accroître la compacité de la superficie, et qui permettront l'introduction et l'émission successives de l'air atmosphérique dans le sol. L'irrigation par le drainage permettrait ainsi de réaliser, le mieux possible, les effets de cette circulation de l'air dans la terre si bien indiqués dans l'excellent traité de M. Barral.

Tels sont, exposés en quelques lignes, les avantages du drainage, que reconnaissent aujourd'hui les agriculteurs les plus incrédules. Pour ne laisser aucun point obscur, nous allons étudier avec détails les principaux effets que nous venons de signaler.

**Le drainage empêche l'excès d'humidité.** — La terre végétale se compose d'une infinité de petits corps poreux, séparés les uns des autres par des vides ou canaux. Si on l'amplifie et qu'on la regarde au microscope, elle ressemble à un tas de pierres qui laissent entre elles de nombreux vides. Seulement, dans la terre végétale, chaque pierre ou plutôt chaque molécule isolée est poreuse, et susceptible d'absorber de l'eau comme le ferait une éponge. Cette propriété hydroscopique est variable, suivant la nature des terres, ainsi que nous l'avons vu en hydrologie.

Lorsque les molécules terreuses sont chargées d'humidité, sans que l'eau remplisse les canaux qui les séparent, l'air et la chaleur circulent librement dans ces canaux, et c'est un état favorable à la végétation.

Si les molécules viennent à s'assécher complètement, la végétation s'arrête, car l'eau est indispensable pour ses réactions.

Mais si les canaux viennent à s'emplir d'eau complètement, les molécules étant elles-mêmes saturées, la végétation s'arrête encore. Les gaz utiles à la transformation des éléments nutritifs n'arrivant plus, les matières fertilisantes ne peuvent être assimilées par les racines; et il se développe surtout des plantes paludéennes sans valeur.

Le drainage a pour but de maintenir le sol dans cet état intermédiaire entre l'extrême sécheresse et l'extrême humidité. L'eau nécessaire à la végétation est énergiquement maintenue par la capillarité; quant à celle qui remplit les canaux où l'eau doit circuler, elle descend par le fait de la pesanteur et pénètre par les joints dans l'intérieur des tuyaux d'où elle s'écoule à l'extérieur.

Par le drainage, les eaux des nappes inférieures et celles des sources ne peuvent remonter à la surface; les eaux des pluies ne ravinent plus la surface, mais au contraire pénètrent dans le sol ameubli qu'elles enrichissent avec les substances minérales qu'elles contiennent; l'infiltration de la pluie et l'écoulement des tuyaux détermine à travers le sol un appel incessant d'air atmosphérique, et cet air est précieux pour le développement des racines et des plantes.

Le sol, délivré de l'excès d'humidité qui le rendait compacte, devient graduellement doux et friable. On n'y voit plus de ces mottes énormes qu'on a peine à écraser. La culture devient plus facile et exige beaucoup moins d'efforts.

**Le drainage équivaut à un approfondissement du sol.** — Le drainage permet donc à travail égal d'attaquer le sol plus profondément avec la charrue. Mais, outre cet avantage, il a celui d'augmenter la profondeur du sol utile à la végétation.

Dans les terres humides non drainées, la nappe d'eau reste toujours à une faible distance au-dessous de la surface, et les racines ne peuvent descendre bien loin, car elles ne trouvent pas à s'alimenter dans la nappe d'eau continue. L'abaissement de cette nappe permet aux racines de descendre aussi profondément qu'elles le veulent, et d'aller puiser dans les couches inférieures les éléments nutritifs qu'elles renferment et qui souvent y dormaient inutiles depuis des siècles. Les racines n'ont même pas d'effort à faire pour vaincre la compacité des couches subjacentes, parce que ces couches sont ameublées par la circulation de l'air et fendillées par l'effet du dessèchement.

Il en résulte un accroissement considérable dans la production et une meilleure utilisation des réserves du sol, si bien que la plus-value des récoltes couvre et au delà les dépenses faites.

Dans les terres de bonne qualité qui sont humides, on ne peut cultiver les plantes fourragères à racines pivotantes, la luzerne par exemple; l'excès de l'eau s'oppose à la pénétration des racines. Cet inconvénient disparaît avec le drainage, et les prairies artificielles prospèrent dans des sols précédemment rebelles à ce genre de culture.

**Le drainage réchauffe le sol.** — La chaleur absorbée par les terres humides sert tout entière à l'évaporation de l'eau; le sol reste froid et la végétation souffreteuse.

Avéc le drainage, la nappe d'eau s'éloigne, la chaleur pénètre profondément dans le sol poreux, et l'air lui sert de véhicule.

Les réactions se font mieux dans un milieu plus chaud, et la végétation devient plus active. Elle commence plus tôt, et cela avance l'époque de la moisson. La maturation se fait mieux: c'est une opération qui demande de la chaleur.

Le drainage équivaut donc à un changement de climat, à un réchauffement du sol.

**Le drainage diminue les effets des sécheresses.** — Sur ce point, l'*Instruction sur les Drainages dans le Loiret* s'exprime ainsi:

« Il est reconnu que l'évaporation de l'eau contenue dans le sol décroît rapidement, lorsque la distance du liquide à la surface du champ augmente. Conséquemment, si l'on suppose le terrain formé de couches minces placées les unes sur les autres, et que la sécheresse ait été assez grande pour achever d'enlever à la première couche, non-seulement l'eau des vides, mais encore celle qui renferme les molécules spongieuses, on peut admettre que toutes les parties de la seconde couche ne seront pas desséchées. La troisième conservera plus d'eau que la seconde, la quatrième davantage encore, si bien qu'à une certaine profondeur il restera toute l'eau nécessaire pour une bonne végétation. Il est donc évident que, plus les racines pénètreront profondément, moins les sécheresses seront à craindre. Et comme l'effet du drainage est de faire descendre les racines dans le sol, on a le droit de dire que cette opération est aussi bonne pour prévenir les inconvénients de la sécheresse que pour faire disparaître ceux d'une trop grande humidité. »

Doit-on craindre que les drains, en soutirant l'eau du sous-sol, puissent produire en-dessous ce que les sécheresses font à la surface? Évidemment non. L'action de l'air dans les tuyaux ne peut être comparée à celle que les vents et le soleil produisent sur les champs. La capillarité suffit pour contre-balancer et même surmonter la pesanteur et l'effet de l'air dans les drains; il ne passera par ceux-ci que l'eau placée dans les vides du terrain, en dehors des limites des forces capillaires, et le sol conservera les liquides dont il a besoin, ceux contenus dans les molécules spongieuses, qui seuls, pour ainsi dire, facilitent la décomposition des sucs et leur assimilation par les végétaux.

**Le drainage ne laisse pas perdre les engrains.** — Ici, se présente une objection qu'on s'est faite dès l'abord: le drainage ne permet-il pas aux eaux, qui s'infiltrent dans le sol, de le lessiver et de lui enlever les principes solubles qui sont sa principale richesse au point de vue agricole?

Pour combattre l'objection, on pourrait, dit M. Maitrot de Varennes, s'en tenir à l'observation des terres naturellement perméables: si, effectivement, les eaux qui ent dans ces terres amoindrissaient notablement la fécondité, il s'en-

suivrait forcément que les bassins perméables seraient très-inférieurs, comme fertilité, aux bassins imperméables, ce qui n'a pas lieu, toutes choses égales d'ailleurs.

La plaine de la Beauce est une des plus fertiles de France; c'est un plateau éminemment perméable, un véritable crible, et cependant sa fertilité est toujours la même.

Dans les terres froides non drainées, les eaux pluviales engendrent des courants superficiels qui entraînent l'humus, ainsi qu'une grande proportion des éléments solubles des engrais. — Tout cela est perdu pour la végétation. — Supposez que ces courants pénètrent dans le sol : leur voyage entre la surface et le drain se fait avec une grande lenteur, les molécules terreuses s'imprégnent et retiennent une partie des matières minérales dissoutes, ainsi que font tous les corps poreux ; les racines des plantes, dont les sucoirs sont en contact de toutes parts avec le liquide chargé de sels et de gaz dissous, absorbent ces éléments qui profitent à la plante.

Le drainage diminue donc plutôt qu'il n'augmente les pertes d'engrais causées par les pluies et a l'avantage d'utiliser une partie des sels que les eaux superficielles auraient entraînés.

Les analyses de M. Boussingault ont montré qu'il existait dans les eaux de drainage une proportion d'animoniaque beaucoup moindre que celle qu'on rencontre dans les eaux de pluie. Mais, en revanche, les analyses de M. Barral ont fait découvrir dans les eaux de drainage 12 fois plus d'acide azotique qu'il n'en existe dans les pluies d'orage : cela prouve que l'animoniaque et les matières azotées du sol s'oxydent sous l'influence de l'air, de l'humidité, de la chaleur, et grâce à la présence de corps poreux, il se forme de l'acide azotique qui peut être entraîné jusqu'aux drains lorsque surviennent des pluies prolongées. En donnant à la terre un fumier dans un état de décomposition peu avancée, on amoindrirait, suivant M. Boussingault, l'inconvénient des pluies prolongées.

Le drainage causait-il un réel appauvrissement du sol, ce qui n'est pas démontré, car les expériences chimiques sont trop peu nombreuses et les expériences pratiques ne conduisent pas à cette conclusion, faudrait-il pour cela renoncer à une opération qui a produit des effets si salutaires ?

« Evidemment non, sur tous les terrains humides et de faible rapport. Cette animoniaque, cet acide azotique que vous regardez, vous en devez la formation au drainage lui-même, qui permet la circulation de l'air dans le terrain et qui en élève la température. Le terrain, aux dépens duquel il se forme, était pour vous une matière morte ; si une partie s'en écoule sans profit, le résultat de vos récoltes vous prouve que les plantes en utilisent une autre partie. »

**Le drainage améliore les terrains les plus argileux.** — Bien des propriétaires et cultivateurs, ne saisissant pas nettement le fonctionnement du drainage, se demandent comment cette opération peut assainir les argiles compactes qui semblent absolument réfractaires au passage de l'eau. M. Olivier, dans ses *Instructions élémentaires pour le drainage dans le Loiret*, l'explique facilement :

Un propriétaire, dont nous visitions les terres, nous montrait une mare pleine d'eau depuis longtemps, bien qu'elle fût située à 3 mètres environ d'un chemin creux dont la chaussée se trouvait à plus de 2 mètres en contre-bas du fond de cette mare.

Il lui semblait impossible que les tuyaux de drainage eussent plus d'action que le chemin, et il regardait l'opération comme devant causer une dépense sans aucun résultat.

L'objection était sérieuse et nous avons cherché à la combattre par les observations suivantes.

Disons d'abord comment les drains agissent dans l'argile. — Lorsque les pluies arrivent après une grande sécheresse, elles trouvent le sol coupé de crevasses plus ou moins profondes, mais sans issues, et ne tardent pas à couvrir le sol. L'argile se mouille, se détrempe, et forme une pâte compacte tout à fait imperméable, l'eau ne peut plus s'en aller qu'en coulant à la surface et par l'évaporation.

Tant que les terres sont mouillées, il est impossible d'y entrer pour les cultiver, et les racines sont privées de l'air dont elles ont besoin. Lorsque les argiles viennent à sécher, elles se serrent sur elles-mêmes, se fendillent et se divisent par petites masses tellement dures qu'il est bien difficile de les travailler, les racines des plantes manquent d'air dans les masses trop compactes et d'eau dans les crevasses.

Il résulte de cet état de choses que les opérations de la culture ne peuvent pas se faire en temps utile, et que les récoltes laissent toujours à désirer.

Lorsque de tels terrains sont drainés, l'air des tuyaux dessèche les couches en contact avec eux ; celles-ci prennent du retrait, se fendillent, et permettent à la dessiccation de se propager peu à peu. Pour produire cet effet, l'air doit encore agir d'une autre manière.

Plus léger que l'eau, il tend à la remplacer dans les terres, et facilite sa chute dans les drains. Après un temps plus ou moins long, les crevasses déterminées par les drains rejoignent celles de la surface du sol, et les eaux peuvent s'écouler assez vite pour éviter que les argiles se mettent en pâte. Alors le terrain plus sec permet aux racines de pénétrer profondément et aux vers de s'y loger. Celles-ci et ceux-là tracent dans le sol de petits conduits, déposent des détritus, facilitent l'écoulement des eaux, et modifient la nature du sol au point de le rendre perméable et de permettre la culture des terres en tout temps. A cet avantage viennent se joindre tous ceux indiqués ci-dessus en parlant du drainage dans les terrains froids et humides.

Les effets du drainage dans les terres argileuses sont longtemps à se produire. Il faut souvent dix-huit mois, deux ans pour qu'ils arrivent à la surface, mais enfin on obtient les résultats qu'on s'était promis : l'expérience le prouve et se charge de répondre à toutes les objections faites contre le drainage des terres argileuses.

Ce que nous venons de dire explique pourquoi la mare dont il est question plus haut n'est pas desséchée par le chemin creux situé à 3 mètres d'elle.

S'il faut dix-huit mois aux tuyaux pour fendiller le sol sur 1<sup>m</sup>, 20 de hauteur, les sécheresses, même les plus grandes, ne peuvent pas couper le massif séparant le chemin et la mare avant que les pluies viennent détruire les crevasses en train de se former. D'un autre côté, la végétation, l'action des animaux et des phénomènes atmosphériques sur le talus du chemin s'opposent à ce qu'il puisse, dans l'argile, drainer autour de lui.

Le fait signalé n'est donc pas une objection contre le drainage des argiles, puisque le chemin n'agit nullement comme des tuyaux placés dans le sol. Ceux-ci, tant qu'ils restent vides, dessèchent les couches dont ils sont entourés d'une manière continue et sans que rien puisse venir contrarier leur action ou détruire ce qu'ils ont déjà produit; leur effet est certain, il suffit de savoir l'attendre.

## DES TERRAINS SUSCEPTIBLES D'ETRE DRAINES.

Les terrains susceptibles d'être drainés sont les terres froides ou fortes, les sols argileux, en un mot les terrains imperméables.

Les terrains perméables sont presque toujours drainés naturellement ; néanmoins, il peut arriver que la nappe d'eau souterraine y soit très-voisine de la surface, qui devient alors molle et marécageuse. Dans ce cas, le drainage peut-être utile même dans des masses perméables, dans des terrains tourbeux, par exemple ; mais il doit être pratiqué avec discernement et il ne faut pas dépasser le but en asséchant le sol outre mesure, en multipliant les émissaires plus qu'il n'est nécessaire.

La règle générale est donc que le drainage s'applique aux sols imperméables, et c'est ce que M. Belgrand a fait ressortir dans son ouvrage intitulé : *La Seine, études hydrologiques et agricoles*.

« *A priori*, dit-il, on peut affirmer que la plus grande étendue des terrains perméables peut se passer de drainage, puisque les eaux pluviales disparaissent dans le sol au point même où elles tombent. Il n'y a d'exception qu'au fond des vallées les plus profondes, où coulent de rares cours d'eau habituellement bordés de marais tourbeux ou de prairies humides, et cette exception est peu importante dans le bassin de la Seine, puisque les marais et les prairies n'y occupent pas la centième partie de la surface des terrains perméables.

« Les terres labourables des calcaires oolithiques de la Basse-Bourgogne, de la craie blanche de la Champagne, de la Normandie et des autres plateaux qu'elle draine naturellement, des terrains éocènes de l'Ile-de-France, du Valois, du Soissonnais, du Vexin, aussi bien que des sables de Fontainebleau et du calcaire de Beauce, n'exigent donc jamais de drainage.

« Les véritables terrains à drainer sont les terrains imperméables, c'est-à-dire, le granite du Morvan, le lias de l'Auxois, du bassin de Corbigny, de la banlieue de Langres, les sables impurs et les argiles du terrain crétacé inférieur qui couvrent les plaines ondulées de la Champagne humide, de la Puisaye et du pays de Bray, l'argile plastique, les plateaux argileux tertiaires du Gâtinais, de la Brie, de Satory et des sources de l'Eure et de la Rille. Le drainage de ces terrains produit toujours un effet utile, excepté lorsqu'ils sont cultivés en prairies, car alors le drainage les rend perméables et ils deviennent impropre à ce genre de culture ; cependant, les prairies du granite peuvent être drainées dans certains cas.

« D'après cela, le drainage n'est jamais utile dans les terrains perméables quand ils sont cultivés en prairies ; il est toujours utile dans les terrains imperméables, excepté quand ils sont cultivés en prairies. »

Il existe dans le bassin de la Seine 19440 kilomètres carrés susceptibles d'être drainés ; le drainage est inutile sur les 59 210 kilomètres carrés qui complètent la superficie totale.

D'après les calculs faits sur la carte géologique de France, l'étendue du sol imperméable de notre pays est de 21 millions d'hectares. Les deux tiers de la surface sont en culture ; c'est donc 14 millions d'hectares qui sont susceptibles d'être drainés dans une mesure plus ou moins grande.

En général, on reconnaît facilement qu'un terrain a besoin d'être drainé : la

couleur du sol, la nature et l'aspect des plantes qui le recouvrent, la qualité de l'herbe, sont autant d'indices.—Au mois de mars, lorsque les vents dessèchent le sol, on reconnaît immédiatement les places restées trop humides. — Lorsque la terre est grasse, qu'elle s'attache aux pieds des hommes et des chevaux, lorsque les eaux de pluie séjournent longtemps dans les cavités et les sillons de la surface, lorsque les bestiaux enfoncent dans le sol, lorsque pendant la sécheresse la terre se durcit et se fendille, on peut dire qu'elle a besoin d'être drainée.

Les plantes qu'on rencontre sur les terrains humides et marécageux, et dont la présence indique la nécessité du drainage, sont les suivantes :

Jonc commun.	Bugle.	Trèfle ordinaire, blanc.
Plantain lancéolé.	Chardon des marais.	Orchis à larges feuilles.
Colchique d'automne.	Cresson fleuri.	Frouve odorante.
Prêle, queue de cheval.	Aigremoine.	Poa aquatique.
Renoncule.	Valériane dioïque.	Jonc congoloméré, de crapaud.
Laîche ou' carex.	Populage des marais.	Menthe aquatique.
Millepertuis des marais.	Oseille ordinaire, oseille crêpue.	Bruyère grisâtre.

Suivant M. Boitel, il n'y a dans toutes ces plantes que la frouve odorante et le trèfle que les animaux mangent avec plaisir. Les autres sont mauvaises. « Le colchique d'automne est connu de tout le monde ; de loin, ses feuilles ressemblent à celles d'un gros poireau ; ses fleurs, d'un lilas tendre, longues d'environ un décimètre, apparaissent en automne après la destruction des feuilles ; son fruit passe l'hiver en terre ; au printemps, le support du fruit s'allonge et sort de terre entouré de feuilles larges et pressées. Le colchique est une plante très-véneneuse que les animaux se gardent bien de manger. » Elle est commune dans les prairies humides ; on la fait disparaître en extrayant les bulbes, qui se trouvent à 25 centimètres de profondeur.

Pour éclaircir encore cette question de la détermination des terrains qui ont besoin d'être drainés, nous reproduirons quelques passages des *Instructions sur le drainage*, rédigées par M. l'ingénieur en chef de Hennezel pour le département de la Sarthe :

« Les terrains auxquels le drainage est appliqué avec l'utilité la plus évidente, dit cette brochure, sont les *terres froides* et les *terres fortes*. Dans l'usage ordinaire, ces deux dénominations sont fréquemment employées l'une pour l'autre ; mais nous désignons ici exclusivement sous le nom de *terres froides* celles qui, sans être imperméables par elles-mêmes, reposent sur un sous-sol imperméable, et sous le nom de *terres fortes* celles où l'élément argileux domine.

« Les premières sont précisément dans le cas d'un pot de fleurs dont le fond ne serait pas percé. Les eaux qui y arrivent de la surface, et celles qui sourdent très-fréquemment dans cette sorte de terrains, les maintiennent dans un état constant d'humidité très-défavorable à la végétation.

« Des engrains même abondants ne peuvent leur donner qu'une médiocre fertilité. Il faut, en effet, pour que les engrains agissent utilement, qu'il subissent dans le sol une fermentation telle que les racines y trouvent toutes les substances nécessaires à leur développement ; et cette fermentation ne peut se produire que sous l'influence de l'humidité, de la chaleur, et surtout de l'air.

« Une eau stagnante dans le sol donne lieu à un genre de décomposition qui y fait naître, soit des solutions trop concentrées de matières organiques, soit des principes acides et ferrugineux. Ces éléments ne conviennent qu'à la nutrition de certaines plantes de tissus lâches et spongieux. Si le terrain est en

prairies, les joncs, les roseaux, les prèles, les mousses, plusieurs espèces de carex, etc., viennent remplacer peu à peu les espèces utiles, et l'on n'obtient plus qu'un mauvais fourrage, souvent très-nuisible aux bestiaux. Dans les terrains cultivés, les plantes souffrent de cette humidité constante qui en pourrit les racines. La plus légère gelée forme d'ailleurs sur les billons une croûte de glace qui s'attache autour des jeunes plantes, les endommage et les déracine.

« L'eau qui imbibe le terrain, n'ayant pas d'issue inférieure, ne peut se dégager qu'à la surface, par l'effet de l'évaporation; mais l'eau吸erce, pour passer à l'état de vapeur, une quantité considérable de calorique qu'elle rend latent, et toute la chaleur que l'évaporation enlève ainsi est perdue pour la végétation. Les vents du printemps tendent bien à dessécher la couche superficielle; mais si le terrain est *sourceux*, ce qui a presque toujours lieu avec un sous-sol imperméable, l'eau souterraine remplace au fur et à mesure celle qui s'évapore; l'évaporation et la perte de calorique continuent donc, en même temps que l'air et la chaleur solaire ne peuvent pas pénétrer dans le sol. Cette double cause de refroidissement affaiblit les plantes, retarde leur croissance et leur maturité, lorsqu'elles n'ont pas été détruites par les gelées et les dégels successifs du printemps, et elle compromet entièrement les récoltes dans les années pluvieuses.

« Quant aux terres *fortes* ou *argileuses*, elles ont à la fois la propriété nuisible de ne pas laisser assez facilement pénétrer l'eau de la surface, et de la retenir trop facilement lorsqu'elles en sont imprégnées. Il résulte de là que, suivant la saison, elles pèchent alternativement par un excès de sécheresse et par un excès d'humidité.

« La dureté qu'elles acquièrent sous l'action prolongée des vents et du soleil arrête tout à fait la végétation, car la grande cohésion du sol, outre qu'elle est un obstacle physique à ce que les racines s'y étendent, intercepte l'accès de l'air et de l'eau qui sont nécessaires pour qu'elles puissent se nourrir. S'il survient une pluie, elle a promptement saturé la croûte extérieure; et l'eau ne pouvant plus s'infiltrer, la plus grande partie coule à la surface qu'elle ravine lorsque la pente est prononcée, et dont elle entraîne les engrains et les particules les plus utiles à la vie végétale. Cet effet d'appauvrissement du sol se produit de même lorsque les pluies continues de l'automne ont profondément humecté la terre; de plus, l'eau absorbée étant très-fortement retenue, l'humidité permanente fait alors éprouver aux plantes l'action si dommageable des gelées et de l'évaporation dont nous avons parlé plus haut.

« Mais le plus grand inconvénient qui résulte pour l'agriculture de la nature des terres argileuses, surtout lorsqu'on ne peut en modifier la consistance et les propriétés par l'emploi des amendements calcaires, c'est la grande difficulté qu'on éprouve à les cultiver. Si l'on s'y prend trop tôt, la terre est tellement dure qu'on y perd son temps, ses instruments et ses forces; si l'on attend trop tard, le sol est détrempé et pâteux, les attelages s'y enfoncent et éprouvent également une très-grande résistance. Dans les deux cas on ne fait qu'un mauvais travail; la terre reste en mottes qu'on a beaucoup de peine à briser, et il est très-rare que les semaines faites dans ces conditions puissent réussir. La culture de ces terres exige donc bien plus de peine, de temps, et par conséquent d'argent que celle des terres plus légères; le succès reste d'ailleurs en grande partie subordonné à la possibilité qu'a trouvée le cultivateur de les travailler dans un moment opportun, qu'il ne dépend pas toujours de lui de saisir, surtout dans une exploitation de quelque importance.

« Les observations qui précèdent ne concernent d'une manière absolue que les deux types généraux de terrains que nous avons définis; mais on comprend que si, comme l'expérience le prouve, le drainage est éminemment utile pour ces deux classes, il peut encore convenir, dans une certaine mesure, pour une série de terrains intermédiaires entre elles, et cela d'autant plus que ces terrains participent davantage de la nature de l'une ou de l'autre, ou de toutes deux à la fois. »

#### DE L'UTILITÉ DU DRAINAGE SUIVANT LE CLIMAT

Pour se rendre un compte exact de l'effet du drainage, il faut connaître à chaque époque de l'année le débit des drains correspondant à une surface donnée et à une nature de terrain déterminée. Des expériences spéciales ont été entreprises à cet effet; nous ne les rapporterons pas ici.

Le débit d'un drain est facile à mesurer à chaque instant, si ce drain débouche dans une auge en bois, munie d'un déversoir ou d'orifices en mince paroi dont on peut ouvrir un nombre variable. C'est ce dernier procédé qu'employait M. Hervé-Mangon. Il se servait d'une caisse dont la paroi antérieure était percée de trous circulaires de diamètre connu; en ouvrant un nombre de trous plus ou moins considérable, on arrivait à maintenir dans l'auge un niveau constant, c'est-à-dire que l'apport du drain était débité par l'ensemble des orifices ouverts. Or le débit de ces orifices est facile à calculer par les formules usuelles; on en déduit donc le débit du drain à la seconde.

Pour des drains à faible débit on imaginera sans peine d'autres procédés plus simples d'évaluation.

Mais il est, suivant M. de Villeneuve, une méthode plus générale pour se rendre compte des effets du drainage, et pour déterminer quelle est la portion de pluie absorbée par la terre et quelle est celle qui s'évapore. Il suffit de faire porter ses expériences sur des terrains naturellement perméables; car les terrains imperméables, lorsqu'ils sont drainés depuis quelque temps, se transforment en terrains perméables; à moins que leur pente ne soit considérable, ils ne retiennent plus d'eau superficielle et de la pluie qu'ils reçoivent font deux parts: une qui pénètre dans le sol, l'autre qui retourne dans l'atmosphère par l'évaporation.

Dans quelle proportion se fait le partage? c'est ce qu'il s'agit de déterminer.

La question a été étudiée en Angleterre par Dalton, Dickenson et Charnock, qui ont donné les nombres suivants:

	QUANTITÉ DE PLUIE.	ÉVAPORATION DE LA TERRE.	FILTRATION ABSOLUE.	FILTRATION P. 100 DE PLUIE.
Charnock. . . . .	629	503	126	20
Dalton. . . . .	852	638	214	25
Dickenson. . . . .	665	581	284	44

Il y a donc de grandes différences entre les trois observateurs, différences qui tiennent sans doute, non pas à des erreurs, mais à la variété des circonstances expérimentales.

Une expérience faite pendant l'année 1851, en France, dans le département de Seine-et-Marne, a donné les résultats suivants :

Quantité de pluie, 518 millimètres ; évaporation de la terre, 455 millimètres. Ici, la filtration pour 100 de pluie n'est plus que de 12  $\frac{1}{2}$ .

Si l'on construit pour chaque année la courbe des pluies, en prenant les mois pour abscisses, et si l'on construit aussi la courbe de l'eau mensuelle évaporée, celle-ci est inférieure à la première, et les portions d'ordonnée comprises entre les deux courbes mesurent les quantités d'eau qui ont pénétré par filtration dans le sol et ne sont pas retournées dans l'atmosphère.

L'étude de ces courbes révèle une loi générale que M. Belgrand a mise en lumière dans ces dernières années.

La filtration est abondante pendant les mois pluvieux et très-faible pendant les mois chauds ; inversement, l'évaporation, peu active pendant les mois humides, dévore la pluie pendant les mois chauds, et ne la laisse pas descendre dans le sol. Les pluies d'hiver seules profitent aux nappes d'eau souterraines ; les pluies d'été retournent rapidement dans l'atmosphère à l'état de vapeur.

C'est ce qui résulte des expériences suivantes de Dickenson et de Dalton.

MOIS.	NOMS DES OBSERVATEURS.	QUANTITÉ DE PLUIE.	EAU ÉVAPORÉE.	EAU QUI S'EST INFILTRÉE DANS LE SOL.
Janvier. . . . .	Dickenson. . . . .	47 mill.	14	33
	Dalton. . . . .	62 »	25	27
Juillet. . . . .	Dickenson. . . . .	58 »	57	1
	Dalton. . . . .	105.5	104	1.5

L'évaporation sera donc d'autant plus considérable dans un pays, que les pluies estivales seront elles-mêmes plus abondantes, puisqu'elles s'évaporent presque en entier.

Inversement, le complément de l'évaporation, la filtration qui alimente les nappes d'eau souterraines sera d'autant plus grande que les pluies d'hiver auront été plus abondantes, ce sont les seules qui profitent aux cours d'eau.

Charnock, dont nous citions tout à l'heure les expériences, opérait sur une terre continuellement saturée d'eau ; il a reconnu que l'évaporation de cette terre était inférieure à celle d'une surface égale de liquide, et cela se conçoit sans peine, si l'on réfléchit que la vapeur d'eau s'échappe plus facilement lorsqu'elle n'est pas retenue par une affinité pareille à celle qu'exerce la terre sur l'eau, affinité qui va jusqu'à faire condenser une partie notable de la vapeur d'eau atmosphérique.

Cependant, pour que la proportion précédente soit vraie, il faut admettre que masse liquide est exactement à la même température que la terre saturée. Souvent dans les mois chauds, après des chaleurs prolongées, la terre, qui possède pour l'absorption des rayons solaires une puissance supérieure à celle de l'eau, la terre a emmagasiné des quantités de chaleur considérables : vienne une pluie, cette chaleur emmagasinée se vaporise rapidement, si bien que certaines pluies d'orage sont, pour ainsi dire, rendues à l'atmosphère aussitôt que reçues, et peuvent tomber plusieurs fois de suite au même lieu sans pour cela laisser trace d'humidité à l'intérieur du sol. L'eau pure est restée en retard re-

lativement à l'échauffement de la terre et sa surface rend alors à l'atmosphère moins de vapeur que n'en rend la surface du sol.

L'infériorité de l'évaporation du sol par rapport à celle des surfaces liquides est donc vraie, surtout dans les premiers mois de l'année ; à la suite des mois chauds, il peut se faire que l'évaporation de la terre atteigne et dépasse par moments celle de la surface des eaux.

L'influence des radiations solaires emmagasinées par la terre est encore mise en évidence par ce fait que la courbe d'évaporation de l'eau pure à l'ombre est toujours inférieure à la courbe d'évaporation de la terre saturée exposée au soleil.

Dans des expériences faites à Genève, une terre drainée a donné, pendant les mois de décembre, janvier et février, une vaporisation supérieure à celle de l'eau pure.

Pendant l'hiver, lorsque les gelées blanches sont fréquentes et que la terre, rayonnant sa chaleur vers les espaces célestes, se refroidit plus que l'air en contact avec elle, l'évaporation diminue et finit par s'annuler.

Suivant M. de Villeneuve, la diminution de l'évaporation de la terre peut aller jusqu'au point où l'évaporation devient négative, c'est-à-dire que la terre refroidie peut condenser la vapeur d'eau de l'atmosphère. La filtration peut alors produire plus d'eau que la pluie n'en a livré. Ce cas s'est présenté dans les observations d'un sol drainé faites par Dickenson, et on en a constaté aussi plusieurs exemples en France.

Le résumé des expériences connues, faites en Angleterre sur les terrains drainés, conduit aux nombres suivants :

La hauteur de pluie annuelle étant de . . . . .	715 millimètres.
La quantité d'eau que conserve la terre est de, . . . . .	210 —
Et la quantité d'eau évaporée qui retourne à l'atmosphère est de.	505 —

Suivant la répartition des pluies dans le cours d'une année, les oscillations, de part et d'autre de la moyenne, se régleront d'après les circonstances énumérées plus haut.

Dans le bassin de la Seine, d'après M. Dausse, le débit général annuel de la Seine correspond à une couche de 120 millimètres d'eau répandue sur tout le bassin ; la hauteur moyenne de pluie étant de 600 millimètres, la part de l'évaporation atteindrait 480 millimètres. Ce nombre s'applique à la généralité des terrains ; mais sur les terrains perméables, l'évaporation est beaucoup plus considérable ; elle est moindre, au contraire, sur les terrains imperméables.

Si du climat séquanien, où les pluies d'été l'emportent sur les pluies d'hiver, nous passons au climat méditerranéen, qui présente les caractères inverses, pluies d'été inférieures aux pluies d'hiver, nous devons trouver une filtration relativement plus abondante. Dans la filtration se trouve comprise l'eau superficielle, dont la quantité est considérable sous le climat méditerranéen, à cause de la forte inclinaison des versants et du grand nombre des cours d'eau torrentiels.

La filtration dans le bassin méditerranéen est 2,5 fois plus forte que dans le bassin séquanien ; dans le plateau du Ventoux, qui alimente la source de Vaucluse, la filtration annuelle atteint 427 millimètres.

Si l'on admet qu'il tombe dans le bassin méditerranéen 600 millimètres d'eau de pluie par an, l'évaporation de la terre en consomme 276 millimètres, et l'alimentation des cours d'eau prend le reste, soit 324 millimètres.

Il en résulte cette conclusion étrange au premier abord : c'est que les terres du climat méditerranéen sont plus sujettes que celles du nord de la France à être envahies pendant l'hiver par un excès d'humidité, et que l'opportunité du drainage s'y fait plus vivement sentir en beaucoup de points.

#### EXEMPLES D'ANCIENS DRAINAGES, PIERRÉES.

L'assèchement des terres par fossés superficiels paraît avoir été pratiqué dès la plus haute antiquité. Dans les écrits que nous ont laissés les Romains sur l'agriculture, on trouve la description de quelques drainages par pierrées, c'est-à-dire qu'au fond des fossés d'assainissement on jetait des pierres dont on recouvrait le massif avec des gazons et des terres.

Nous avons dit que jusqu'au dix-huitième siècle les pierrées et les fascinages furent seuls en usage et reçurent dans certains pays un grand développement. Vers 1830 prit naissance le drainage en poterie, qui se composa d'abord d'une tuile creuse posée sur une tuile plate, et qui devint ensuite le système simple des tuyaux cylindriques placés bout à bout.

Cependant ce système des tuyaux a été employé au moyen âge, et on en a retrouvé des vestiges près de Maubeuge. Le travail, qui avait produit d'excellents résultats, remontait à 1620 et semblait l'œuvre des moines oratoriens de ladite ville.

Mais c'est là une exception, et avant 1830 le type du drainage est la pierrée, qui est encore susceptible d'être employée en bien des pays, et dont nous allons dire quelques mots.

**Drainage des Prés-Saint-Gervais.** — On trouve à Paris même un exemple curieux de drainage par empierrement.

C'est un réseau qui s'étend sous le sol des Prés-Saint-Gervais, de Romainville et de Ménilmontant. Ce réseau吸orbe les eaux d'un bassin sans écoulement superficiel, occupé par les marnes de la formation gypseuse parisienne, bassin qui se développe sur un diamètre de plus de 2500 mètres.

Ce drainage est établi en pierres plates formant un canal de 10 centimètres de large, et le débit de l'artère principale s'élève, pendant l'hiver, jusqu'à 4000 mètres cubes par vingt-quatre heures. Les eaux obtenues sont gypseuses et inutilisables ; aussi a-t-on dû les perdre dans un puits absorbant.

L'artère principale s'étant obstruée par suite d'un affaissement des pierres, M. Mary, inspecteur général des ponts et chaussées, a réparé le mal en démontant le canal et posant sur la marne une couche de mortier hydraulique, destinée à former un radier pour l'empierrement.

Depuis cette opération rien n'a bougé, et les engorgements ne se sont pas reproduits.

**Empierrements avec canal.** — Lorsqu'on se contente de jeter au fond des tranchées d'assainissement un massif de pierres ou des fascines, l'écoulement se fait avec la plus grande lenteur, puisque l'eau circule dans de petits canaux étroits et tortueux ; il faut alors donner aux drains un excès de pente.

Mais si l'on a soin de ménager à la base de l'empierrement un petit canal triangulaire ou rectangulaire en pierres plates, les suintements se réunissent, la fuite des eaux s'établit sans obstacle, l'excès de pente n'est plus nécessaire, et on réalise les mêmes avantages qu'avec les tuyaux.

**M. de Villeneuve conseille d'ajouter à ce système d'exécution une dernière précaution.** Après avoir égalisé, avec les plus menues pierres, la surface supérieure de l'empierrement, il faut y établir un enduit de mortier hydraulique qui supprime toutes les filtrations verticales, celles qui font naître l'envasement le plus rapide du drain. L'enduit hydraulique supérieur représente très-bien la chape de la voûte d'un pont, et atteint évidemment beaucoup mieux le but indiqué que les tessons recouvrant les drains et que les mottes d'argile ou de gazon qui sont foulées sur les tuyaux.

En ajoutant un peu de mortier hydraulique aux empierrements, on peut obtenir avec ce système tout l'avantage que donne le drainage avec tuyaux, et la dépense du mortier représente à peu près le prix des tuyaux, 7 à 10 centimes par mètre courant.

Toutes les fois que les pierres abondantes seront un embarras pour le laboureur, le drainage perfectionné peut permettre avec succès certain l'emploi de la mauvaise briqueterie ou de l'empierrement. Or, les pierres existent en grande quantité dans le voisinage des sols imperméables provenant des terrains primitifs, des grès secondaires, des marnes intercalées dans les calcaires. Les drainages par empierrement peuvent donc s'appliquer à une grande partie des travaux d'assainissement.

C'est ainsi que dans beaucoup de départements du Midi, et notamment dans la Haute-Garonne, on montre de nombreux exemples de drainages par pierrées.

Les figures 1 de la planche X, montrent les dispositions ordinaires des pierrées. Dans la Sarthe, le prix de revient minimum des pierrées, avec tranchées de 0<sup>m</sup>,70 à 0<sup>m</sup>,80 de profondeur ayant 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,20 au fond et des talus naturels, est de 65 centimes, savoir :

40 centimes pour la fouille et la confection de la pierrée ;

25 centimes pour l'extraction, le cassage et le transport de la pierre.

Signalons, pour n'y plus revenir, les drains en fascines, en tuyaux de bois, en tuyaux de tourbe comprimée et séchée, en gazons, en briques demi-circulaires, et divers autres systèmes aujourd'hui sans usage, et arrivons au véritable procédé de drainage, à l'emploi des tuyaux cylindriques.

#### DRAINAGE PAR TUYAUX.

Pour décrire méthodiquement et sommairement le procédé du drainage par tuyaux cylindriques, nous diviserons le sujet en trois sections distinctes.

Dans la première, nous exposerons la fabrication des tuyaux et des accessoires du drainage.

Dans la seconde, nous présenterons les études relatives à l'établissement d'un projet complet de drainage : tracé et direction, profondeur, longueur et diamètre des drains.

Dans la troisième section, nous parlerons des travaux d'exécution.

## FABRICATION DES TUYAUX ET DE LEURS ACCESSOIRES.

La fabrication des tuyaux se fait avec une terre intermédiaire entre la terre à briques et la terre à poterie ; cette terre est moulée au moyen de machines ; puis les tuyaux ayant subi à l'air un commencement de dessiccation sont portés au four.

**Choix et préparation des terres.** — On trouvera aux pages 252 et suivantes de notre *Traité de l'Exécution des Travaux* la description complète des opérations relatives à la fabrication des briques et des poteries. Le lecteur voudra bien se reporter pour les détails à cette section de l'ouvrage et nous nous contenterons de résumer ici les points principaux.

La base des terres cuites est l'argile plus ou moins pure. Les argiles sont des silicates d'alumine contenant 10 à 12 0/0 d'eau et presque toujours additionnés de sable, d'oxyde de fer, de bitume ou de calcaire.

L'argile plastique est la plus pure ; elle fournit la terre à faïence fine ; puis vient l'argile figuline, qui sert à la fabrication des poteries communes, des briques, etc.

L'argile figuline, moins grasse et moins tenace que l'argile plastique, contient toujours 5 à 6 0/0 de calcaire avec de l'oxyde de fer qui la colore en jaune ou en rouge.

Lorsque la proportion de calcaire augmente, on passe à l'argile marneuse et à la marne.

Par la cuisson, l'argile pure se contracte et se fendille ; le retrait est d'autant plus considérable que l'argile est plus pure ; pour combattre ce retrait, on additionne la pâte d'un peu de sable qui est un dégraisseur. La pâte ainsi dégraissée devient beaucoup moins ductile et on ne pourrait la façonner si on dépassait la proportion convenable.

Il y a donc pour chaque espèce d'argile une expérience à faire, afin de déterminer la proportion de matière dégraissante de telle sorte que le retrait soit sans inconvénients et que le moulage soit cependant facile.

La pâte des tuyaux de drainage doit donner par la cuisson un produit d'un grain plus fin et plus imperméable que la brique ordinaire. Il faut donc choisir avec soin les matières premières.

La terre qu'il convient d'employer et qu'on rencontre en beaucoup de pays est une argile grasse, de la classe des argiles figulines, plus ou moins colorée en rouge ou en jaune par de l'oxyde de fer. Elle doit être plutôt grasse que sablonneuse. Il faut qu'elle ait assez de ductilité pour se pétrir bien sous la main qui la comprime, qu'elle soit savonneuse, un peu rude au toucher et happant à la langue ; qu'elle soit surtout dépouillée de matières salines ou terreuses étrangères à celles qui constituaient son essence, de matières métalliques, végétales et animales, et enfin qu'elle renferme le moins possible de cailloux roulés ou autres corps plus ou moins volumineux et abondants. La présence de morceaux de craie pure dans la pâte est funeste au produit ; par la cuisson, cette craie donne de la chaux qui plus tard s'éteint par l'humidité, et qui, en foisonnant, fait éclater le tuyau ou tout au moins le met hors de service.

Voici, d'après M. Barral, plusieurs compositions de pâte pour tuyaux de drainage :

1 <sup>o</sup> Terre franche (marne argileuse). . . . .	3 parties.
Argile verte (argile plastique un peu sableuse). . . . .	6 —
Sable. . . . .	1 partie.
2 <sup>o</sup> Terre argileuse (argile plastique un peu sableuse). . . . .	2 parties.
Rougette (marne limoneuse). . . . .	1 partie.
3 <sup>o</sup> Argile figuline. . . . .	2 parties.
Terre franche. . . . .	1 partie.

On rencontre quelquefois des terres fortes dont la composition est telle qu'elles peuvent être employées, sans aucun mélange, à la fabrication des tuyaux de drainage.

**Préparation des terres.** — C'est peut-être l'opération la plus importante pour une bonne fabrication, puisqu'elle a pour but de donner à la matière tout le liant nécessaire et de la débarrasser de tous les corps étrangers qui rendraient les tuyaux défectueux.

La préparation des terres se fait comme nous l'avons indiqué à la page 257 de l'*Exécution des Travaux* : les terres sont fouillées et humectées à l'automne dans des fosses spéciales où elles passent l'hiver ; on les pioche et on les remue de temps en temps pour éviter un tassemement qui soustrairait les parties inférieures aux influences atmosphériques.

Cette exposition préliminaire de la terre extraite en automne est essentielle et ne doit pas être négligée dans la pratique.

Après l'hivernage, au mois d'avril, on pétrit la terre, on procède au foulage ou malaxage.

L'ancienne méthode du foulage, le marchage de la pâte, consistait à étendre la terre dans une fosse, en l'arrosoant et l'épluchant avec soin ; puis les ouvriers se mettaient à marcher sur cette terre avec les pieds nus et à la fouler méthodiquement, en ajoutant tantôt de l'eau, tantôt de la glaise, jusqu'à ce que la couche de boue atteignit une hauteur de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,40.

Toutes les fois qu'un marcheur sent sous son pied un petit caillou ou un grumeau, il doit avoir soin de l'enlever, et c'est là un des avantages de l'opération du marchage lorsqu'elle est bien faite.

La quantité d'eau à employer dépend de la nature de la terre ; il faut que la pâte soit amenée à la consistance d'une pâte ferme de farine.

Dans les fabriques spéciales, devant pourvoir à un grand débit, le marchage est remplacé par le malaxage ; cette opération s'exécute au moyen d'un tonneau broyeur identique au tonneau à mortier. Nous n'avons donc pas besoin de décrire l'appareil.

Quelquefois le tonneau à mortier est remplacé par le broyeur ; il se compose de deux cylindres en fonte à axe horizontal, tournant en sens inverse, et plus ou moins écartés l'un de l'autre, suivant la finesse de la pâte que l'on veut obtenir. Au-dessus est une trémie par où la terre humectée descend entre les deux cylindres. Cet appareil est un véritable laminoir. Le broyeur ne doit pas laisser échapper de graviers, dont le diamètre soit supérieur à 1 ou 2 millimètres.

Un moulin broyeur, mû par un cheval, peut fournir chaque jour la pâte nécessaire à la confection de 20 000 petits tuyaux.

Généralement, on arrive à trouver une terre dépourvue de cailloux, et le marchage ou le malaxage au tonneau suffisent, sans qu'il soit besoin de recourir au broyeur.

**Montage des tuyaux.** — La première chose à faire était de déterminer

quelle forme on donnerait à la section des tuyaux. On a préconisé la section intérieure elliptique ou ovoïde, parce que, à volume égal, la hauteur d'eau y est plus grande que dans la section circulaire, et que par suite l'écoulement doit mieux se faire; mais c'est là une précaution inutile. De même, on a voulu, pour donner plus de stabilité au tuyau, figure 2, planche X, le munir d'une semelle plate, cela complique la fabrication et augmente les prix sans aucun avantage.

Pour être assuré d'établir les files de tuyaux bien exactement en ligne droite, on a proposé des tuyaux à renflement, analogues aux tuyaux des distributions d'eau, et on a employé de petits manchons pour réunir l'un à l'autre les tuyaux consécutifs, figure 2, planche X.

Ces perfectionnements, sauf les manchons, n'ont pas été adoptés, et on se contente presque partout de tuyaux cylindriques placés bout à bout. En général, les tuyaux reposent sur un fond très-solide, et il n'y a pas à craindre de les voir s'enfoncer; les déviations horizontales sont seules à redouter, mais en réglant convenablement le fond de la tranchée au moyen d'un mandrin qu'on y traîne, en posant les tuyaux avec soin, en les calant latéralement et les recouvrant avec la main de terre et de gazons, on obtient d'excellents résultats, et la continuité des files ne s'altère pas. Nous n'avons donc à nous occuper que du tuyau cylindrique.

Il se fabrique à la machine.

Les machines à fabriquer les tuyaux sont très-nOMBREUSES, beaucoup d'entre elles se ressemblent, et il est peu utile de les décrire; on les trouvera presque toutes dans le *Traité du Drainage* de M. Barral. Elles sont continues ou discontinues; ces dernières sont à piston; dans les premières la pâte est chassée soit par une vis, soit par un laminoir.

Le principe des machines à piston ou machines discontinues est représenté par la figure 3, planche X.

La pâte argileuse est mise en *a* dans un cylindre en fonte; un piston *p* la surmonte, et par la pression qu'il exerce la chasse dans le vide annulaire *oo*, compris entre un mandrin *m* et un tuyau en fonte. L'embouchure du vide annulaire est évasée; le mandrin n'est relié au tuyau en aucun point; mais, comme il faut bien qu'il soit maintenu quelque part, il est relié par sa tête à la traverse *n* qui est fixée à la base du cylindre contenant la pâte. Cette traverse n'a pas d'épaisseur; elle s'étend surtout dans le sens longitudinal; elle coupe la pâte qui s'agglomère à nouveau lorsqu'elle l'a dépassée. Sous le pourtour du piston est une petite corde *c*, qui empêche l'argile de remonter entre le cylindre et le piston.

Parmi les machines discontinues, la figure 4, planche X, représente une des plus répandues: une grande roue dentée *r* est mue par une manivelle à bras; sur son arbre est un pignon *s*, qui transmet le mouvement à une seconde roue *t*, laquelle porte un pignon qui fait avancer une crêmaillère *c*. Cette crêmaillère est la tige du piston *p* qui se meut dans la caisse prismatique *a*; cette caisse, fermée par un couvercle à charnière et à verrou, reçoit la pâte préparée, et cette pâte est chassée par le piston dans la filière. Pour les petits tuyaux, la filière porte quatre trous disposés comme le montre la figure 5; l'argile passe à travers les vides annulaires, et les tubes qui sortent de la filière sont reçus par des toiles sans fin *g*. Quand les files de tuyaux occupent toute la longueur des toiles, on rabat dessus une sorte de gril transversal, dont les fils métalliques, régulièrement espacés, coupent les tuyaux à la longueur voulue.

Le bâti de la machine est en fonte et monté sur quatre roues, de sorte qu'elle se déplace sans difficulté.

Les tuyaux coupés sont enlevés par des enfants au moyen du râtelier de la figure 7.

Les orifices que l'on veut obtenir sur un certain nombre de tuyaux sont faits à la main, pendant que ces tuyaux sont encore frais.

La machine précitée produit 350 à 400 tuyaux à l'heure, elle coûte 600 francs.

La machine d'Ainslie est à fabrication continue; elle comprend deux cylindres lamineurs posés l'un au-dessus de l'autre, et laissant entre eux un certain vide; à gauche du lamoir est un plan incliné formé par une toile sans fin, sur laquelle on jette la pâte préparée. Les cylindres entraînent la pâte et la foulent en avant dans une boîte dont la face antérieure est fermée par une filière. La pâte s'écoule par la filière, et les tuyaux sont reçus par une toile sans fin; on les coupe de longueur au moyen d'un système de fils métalliques. Avec le petit modèle de cette machine, coûtant 600 francs, on fait 400 à 500 tuyaux à l'heure. Avec le grand modèle, coûtant 1000 francs, on en fait 1500.

Avec la petite machine, il suffit d'un homme à la manivelle et de deux enfants, l'un pour engrêner la pâte, l'autre pour enlever les tuyaux.

Avec la grande machine, il faut deux hommes à la manivelle, un homme pour apprêter la pâte et trois enfants.

Le type des machines à vis d'Archimède est la machine de MM. Randell et Saunders (fig. 6).

Nous avons déjà rencontré plusieurs fois la vis d'Archimède; c'est un moyen puissant de transport, d'élévation et de pression.

Imaginez un cylindre vertical en fonte, dans l'axe duquel est un arbre en fer forgé qui porte deux hélices de même sens *a*, *a*; à la partie supérieure du cylindre on jette la pâte préparée; elle est prise par la vis et descend à mesure que celle-ci tourne. Elle est chassée vers le fond avec une pression qui dépend du pas de l'hélice; au fond du cylindre, sur les côtés, sont disposées deux ou plusieurs filières, par où sortent les tuyaux étirés; on les coupe et on les enlève, comme nous l'avons déjà expliqué.

Dans certaines machines, la vis est horizontale au lieu d'être verticale; cette dernière position est préférable, parce que les pressions sont alors également réparties dans toute la section du cylindre.

La puissance d'une machine de ce genre peut être très-considérable, ainsi qu'on le comprend sans peine; elle peut être mue par une machine à vapeur et convient surtout aux grandes exploitations.

Nous n'insisterons pas davantage sur les machines à tuyaux : les trois exemples précédents suffiront à faire comprendre tous les systèmes.

Dans la plupart des machines on a soin d'interposer entre la filière et le piston un grillage métallique fin, destiné à arrêter les graviers et les grumeaux. On a soin, du reste, de rejeter les tuyaux défectueux.

**Séchage des tuyaux et cuissage.** — Le séchage des tuyaux se fait à l'air. Les tuyaux sortant de la machine sont placés sur des claires, dont on forme des étagères, que l'on protège contre la pluie par une toiture. Le tout se démonte facilement, c'est-à-dire que les claires rectangulaires portent sur leurs petits côtés des faces verticales; c'est sur ces faces verticales que l'on pose la claire du dessus, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on arrive à la toiture.

Lorsqu'ils commencent à se dessécher, les tuyaux s'affaissent; aussi vient-on les reprendre au bout d'un jour ou deux, lorsqu'ils sont encore fermes; on in-

troduit à l'intérieur un mandrin en fer que l'on tient à la main et on roule le tuyau sur une table lisse, afin de lui donner à l'intérieur une forme exactement cylindrique.

Dans les grandes exploitations, on installe sous des hangars spéciaux, fermés du côté des vents régnants, de nombreuses étagères en bois blanc, à claire-voie, sur lesquelles on emmagasine les tuyaux. Pendant le hâle, on a soin de les retourner de temps en temps, afin d'obtenir une dessiccation uniforme.

Les tuyaux de grand diamètre ont assez de consistance pour être séchés debout sur une aire en sable. Dans beaucoup de fabriques, on se contente de sécher même les petits tuyaux sur une aire en sable et on les retourne fréquemment.

Il est avantageux de prolonger le plus possible la dessiccation à l'air libre.

Lorsqu'elle est terminée, il faut procéder à la cuisson, qui a pour objet de chasser la dernière eau et de faire du tuyau une véritable poterie.

La cuisson se fait dans des fours à coupole; les fourneaux ou alandiers sont placés latéralement, et les produits de la combustion traversent la masse.

Pour une exploitation passagère, on construit des fours en terre franche avec foyers en briques. Un four circulaire de 3<sup>m</sup>,30 de diamètre et de 2<sup>m</sup>,15 de hauteur coûte 150 francs et peut recevoir 30 000 tuyaux de 0<sup>m</sup>,035 de diamètre. La cuisson dure 36 heures. Il faut laisser refroidir la masse pendant un temps au moins égal avant de défourner.

Les tuyaux sont généralement placés debout, ce qui active le tirage et facilite la cuisson.

Lorsqu'on cuit ensemble des tuyaux de différent diamètre, les petits sont placés dans les grands afin de ménager l'espace.

Pour les petits tuyaux ordinaires, de 0<sup>m</sup>,05 à 0<sup>m</sup>,045 de diamètre intérieur, on adopte une épaisseur de 0<sup>m</sup>,02; pour des tuyaux de 0<sup>m</sup>,05 à 0<sup>m</sup>,11, l'épaisseur est de 0<sup>m</sup>,03; pour des tuyaux de 0<sup>m</sup>,16 elle est de 0<sup>m</sup>,04.

Il est important de surveiller la cuisson avec le plus grand soin; lorsqu'elle est imparfaite, le tuyau conserve une couleur sombre, il manque de sonorité, il se délite et s'exfolie par l'humidité et la gelée, il manque de résistance et donne un mauvais travail. C'est une économie fort mal placée, car elle est insignifiante par rapport au prix total du drainage et elle gâte toute l'opération.

Si la cuisson est poussée trop vivement ou trop loin, il y a commencement de vitrification; les tuyaux se déforment et se soudent les uns aux autres; en même temps on perd beaucoup de combustible.

Les tuyaux ordinaires de 0<sup>m</sup>,035 de diamètre intérieur et d'un pied ou de 0<sup>m</sup>,33 de longueur pèsent chacun 1 kilogramme environ. Ce poids varie du reste dans de grandes proportions, suivant la nature des terres. Le prix de revient d'un millier de ces petits tuyaux est de 17 à 22 francs, pris au four.

Des tuyaux de 0<sup>m</sup>,045, 0<sup>m</sup>,095, 0<sup>m</sup>,14 de diamètre intérieur et de 0<sup>m</sup>,38 de longueur, coûtent, pris au four, 35, 80 et 140 francs le mille. Ces chiffres sont, on le conçoit, très-variables avec les pays.

Voici comment le jury de l'Exposition de 1855 définissait un bon tuyau de drainage :

« Un bon tuyau de drainage doit avoir de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,35 de longueur, et son diamètre intérieur, variable avec la quantité d'eau dont il doit assurer l'écoulement, ne doit guère descendre au-dessous de 0<sup>m</sup>,03. Il doit y avoir absence de rugosités ou de bavures dans l'intérieur, particulièrement aux deux extrémités dont la coupe doit être nette et droite. Quand on frappe deux tuyaux l'un

contre l'autre, on doit entendre un son clair et argentin, qui dénote une cuisson bien complète, l'absence de fissures et de pores trop nombreux, dans lesquels s'introduirait l'eau, pour exercer une détérioration lente sans doute, mais fatale. Le plus souvent, les terres avec lesquelles les tuyaux sont fabriqués sont marneuses et contiennent du carbonate de chaux. Si le calcaire est en grains assez forts, si le broyeur et le malaxeur n'ont pas réduit ces grains en parcelles très-fines, si le crible n'a pas arrêté les trop gros au passage, il en résulte que, pendant la cuisson des tuyaux, ils se réduisent en chaux caustique et laissent un vide autour d'eux, un pore qui plus tard se remplira d'eau. Alors la chaux s'hydratant augmentera de volume et causera la friabilité de la poterie. Les pyrites existant dans les terres employées, en se sulfatisant plus tard, produiront le même effet que la chaux. »

**Accessoires du drainage.** — Les principaux accessoires du drainage sont les bouches de décharge ou d'évacuation et les regards.

**Bouches de décharge.** — Les collecteurs aboutissent à un ruisseau, à un fossé ou au pied d'un talus. La bouche d'évacuation doit être établie avec certaines précautions et constamment surveillée.

En principe, il faut réduire autant que possible le nombre des bouches, car ce sont de petits ouvrages d'art assez coûteux à établir.

Il est difficile de faire déboucher tous les drains élémentaires dans un fossé, parce que leurs orifices seraient vite obstrués par les terres et par la végétation. Il faudrait les visiter et les nettoyer fréquemment.

En tête de chaque tuyau émissaire doit se trouver un grillage qui s'oppose au passage des rats, des mulots, des grenouilles, etc.; ces animaux s'engageant dans le drain et pouvant y mourir arrêteraient l'écoulement. Avec quelques fils de fer, il est facile d'établir un grillage.

Pour éviter de voir briser par les passants le bout de tuyau qui débouche dans le fossé d'évacuation, on a quelquefois terminé le collecteur par un tuyau de fonte de même diamètre.

Mais on peut, en général, protéger suffisamment le débouché en garnissant le pourtour du tuyau de grosses pierres, dont une forme plate-bande supérieure, une seconde forme radier et deux autres forment des piédroits, figure 8, planche X.

Dans un drainage important, on a recours pour les collecteurs principaux à des bouches en maçonnerie : on les visite fréquemment afin de reconnaître la manière dont le drainage fonctionne.

La fig. 10 de la planche X, donne la coupe et l'élévation d'une bouche ouvrant dans un fossé. C'est une véritable tête d'aqueuduc avec son radier et ses deux rampants.

M. l'ingénieur J. Lemoyne recommande l'emploi d'une bouche de drainage plus économique, figure 9, planche X :

« Cette bouche, dit-il, n'est autre chose qu'un tuyau en grès de 0<sup>m</sup>,30 de longueur, dont la moitié est du diamètre voulu pour emboiter exactement le drain collecteur. L'autre moitié est de diamètre moindre, ou bien il y a simplement un bourrelet intérieur vers le milieu du tuyau, ce qui produit dans les deux cas une sorte de feuillure ; on y place une petite grille en fil de fer galvanisé, ou en fonte, qui est maintenue en place par le drain même auquel est adaptée la bouche.

« Ces bouches se font très-facilement au tour à potier, et on leur donne une épaisseur de 0<sup>m</sup>,02 à 0<sup>m</sup>,03, ce qui les rend assez lourdes pour avoir beaucoup

de stabilité, d'autant qu'elles font corps, pour ainsi dire, avec le dernier drain. Elles sont d'ailleurs cuites au grès et d'une solidité comparable à celle du granit; il faudrait un choc très-violent pour les détériorer. »

**Regards.** — Aux points de rencontre de deux ou de plusieurs collecteurs, on place ce qu'on appelle des regards, sortes de cuves verticales dans lesquelles débouchent les tuyaux qui amènent l'eau de l'amont et ceux qui la conduisent à l'aval.

Les regards sont d'ordinaire formés de plusieurs manchons en poterie, de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,50 de diamètre, superposés par emboîtement, et fermés haut et bas soit par une pierre plate, soit par une tuile, soit par une forte planche en cœur de chêne. La figure 9 de la planche XI représente un regard de 0<sup>m</sup>,30 de diamètre, dans lequel débouchent les deux branches d'amont et d'aval d'un collecteur.

Les tuyaux d'amenée sont au-dessus du tuyau d'aval, afin qu'il existe une chute dans le regard et qu'on puisse se rendre un compte exact de la manière dont le drainage fonctionne. C'est deux ou trois jours après une grande pluie que l'on peut venir vérifier l'écoulement; si l'écoulement est arrêté quelque part, l'inspection des regards permet de préciser la section défectueuse. La dalle supérieure des regards doit être à 0<sup>m</sup>,50 au-dessous du sol, afin de ne pas être exposée aux chocs de la charrue. Il convient de repérer la position des regards au moyen de bornes fixes posées dans les champs; ces bornes donnent en outre les alignements des collecteurs.

On remarquera que les tuyaux font saillie à l'intérieur du regard, afin de constituer un larmier et d'éviter les ruissellements le long des parois.

Les regards et les tuyaux qui y débouchent sont du reste maintenus par de solides enrochements.

Lorsqu'on veut construire des regards très-importants, on les fait en maçonnerie de pierres sèches, figure, 9 planche XII. On a de la sorte un véritable puisard qu'on peut laisser découvert et qui peut servir à l'alimentation des hommes ou des bestiaux; il constitue une source artificielle.

On trouvera les prix des regards dans une note subséquente relative au drainage des bourgs de la Motte-Beuvron et de la Ferté-Saint-Aubin (Sologne).

## 2<sup>e</sup> ÉTUDES RELATIVES A UN PROJET DE DRAINAGE.

**Opérations préliminaires sur le terrain.** — Lorsqu'il s'agit de dresser un projet de drainage, la première opération à faire est d'obtenir la représentation exacte du relief du terrain. — Sans doute on peut exécuter un drainage et en faire le tracé directement sur le terrain sans avoir levé le plan ni fait le nivellement; mais on s'expose ainsi à commettre de grosses erreurs, surtout dans les terrains dont le relief est peu accusé, et on marche presque toujours au hasard.

Il est avantageux à tous égards de lever un plan exact du terrain et de le représenter par les courbes de niveau, espacées de 0<sup>m</sup>,10, de 0<sup>m</sup>,20 ou de 0<sup>m</sup>,50, suivant que les pentes du sol sont plus ou moins rapides.

Le lever du plan et le nivellement doivent se faire par les méthodes les plus simples; la chaîne, l'équerre et le niveau d'eau peuvent suffire; mais, pour

aller vite, il vaut mieux recourir au niveau à lunette. En effet, il ne s'agit pas d'opérations de précision, et une erreur de quelques centimètres ne peut avoir grande influence, excepté dans certains cas où les pentes sont tellement faibles qu'il faut les ménager précieusement.

Mais nous n'insisterons pas sur ce sujet, et nous renverrons le lecteur à notre *Traité de Géodesie*.

**Tracé et direction des drains.** — C'est sur le plan avec courbes de niveau que l'on trace les drains et les collecteurs. C'est aussi sur ce plan que se fait le mètre, car on n'a qu'à prendre à l'échelle la longueur des drains et des tranchées de chaque espèce ; on applique à ces longueurs les prix élémentaires, et le détail estimatif des dépenses est bien vite établi.

Il est rare que la direction des drains soit indifférente, à moins que le terrain ne soit sensiblement horizontal ; dans ce cas il faut, pour rendre l'écoulement possible, établir la pente sur le fond de la tranchée, que l'on fait moins profonde à l'amont qu'à l'aval.

En somme, c'est la pesanteur qui détermine l'écoulement de l'eau, et il faut placer les drains dans une position telle que la pesanteur ait son maximum d'effet et exerce son action le plus uniformément possible.

C'est pourquoi, dès que le terrain présente des ondulations sensibles, il convient de placer les drains à peu près suivant les lignes de plus grande pente. De la sorte, leur action est la même à droite et à gauche, et la vitesse d'écoulement est maxima.

Les drains dirigés suivant les lignes de plus grande pente ont en outre l'avantage de couper les assises de suintement, assises sableuses ou marneuses, qui, si elles n'étaient coupées par les drains, affleurerait le sol entre deux files de tuyaux et se signaleraient par des taches humides sur la surface du terrain à dessécher.

Ainsi, les drains élémentaires doivent être à peu près dirigés suivant des lignes de plus grande pente ; or, comme leurs lignes sont établies par faisceaux parallèles, cela revient à dire qu'on examine avec soin le plan avec courbes de niveau et qu'on divise ce plan en une série de surfaces à peu près planes ; à chacune de ces surfaces correspond un faisceau de drains parallèles. La figures 1 des planches XII et XIII permet de saisir nettement cette manière d'opérer.

Il va sans dire que la règle n'est pas absolue et que, dans certains cas, on pourra s'éloigner des lignes de plus grande pente ; s'il s'agit, par exemple, de vignes, les files de drains seront parallèles aux lignes de ceps ; il est vrai qu'en général ces dernières sont dirigées suivant la pente.

Dans certains cas, lorsque les parties basses d'un versant sont plus humides que les parties hautes, on adoptera des lignes de drains disposées en éventail.

Les drains secondaires se rejoignent dans des collecteurs secondaires et ceux-ci portent leur tribut aux collecteurs principaux.

Les collecteurs principaux occupent l'emplacement des lignes de thalweg ; les collecteurs secondaires ont des directions quelconques. En général, chacun d'eux correspond à un faisceau de drains parallèles.

Les collecteurs secondaires sont établis à 0<sup>m</sup>,05 au-dessous des drains élémentaires ; ceux-ci doivent faire un angle obtus avec le sens de l'écoulement, et il convient d'adopter pour cet angle la valeur de 120°, afin de faciliter l'écoulement.

A la rigueur, les drains peuvent par tolérance rencontrer le collecteur normalement ; mais c'est déjà une disposition vicieuse, et jamais on ne devra admettre

que la rencontre se fasse sous un angle aigu, puisque alors le courant qui s'échappe du drain tendra à remonter le collecteur.

Lorsque la direction des drains et du collecteur est forcée, on fait le raccordement au moyen de parties courbes ou plutôt polygonales, puisqu'elles sont établies avec des bouts de tuyaux droits. Le rayon de ces courbes doit être d'au moins 5 mètres, et il faut y forcer la pente afin d'éviter les engorgements.

D'après M. Mangon, il convient d'établir un collecteur secondaire de 0<sup>m</sup>,04 à 0<sup>m</sup>,06 de diamètre pour recevoir le produit des petits drains de 2 à 4 hectares.

Les collecteurs secondaires vont s'embrancher dans les collecteurs principaux, et on place des regards aux points d'embranchement ainsi que nous l'avons dit.

Sur tout le périmètre de la surface à drainer on établit un drain de ceinture, destiné à arrêter les eaux des fonds supérieurs. Le drain de ceinture doit de place en place communiquer avec un drain ordinaire dans lequel il déverse ses eaux.

**Longueur des drains.** — On conçoit que les drains ne peuvent prendre une longueur indéfinie, en conservant le même diamètre ; car à mesure qu'on descend le cours d'un drain, la quantité d'eau qu'il reçoit augmente et il devient incapable de la débiter. L'assèchement ne se fait plus alors d'une manière suffisante.

« Les drains de dernier ordre, dit M. Hervé-Mangon, de 0<sup>m</sup>,03 à 0<sup>m</sup>,035 de diamètre, ne doivent pas avoir en général plus de 250 à 330 mètres de longueur, et même moins si leur pente est très-faible, quand leur écartement n'excède pas les chiffres ordinairement adoptés.

Cette limite, parfaitement vérifiée par la pratique, quand il ne s'agit pas, bien entendu, de terrains traversés par des eaux de source, s'accorde avec les indications du calcul, en admettant qu'il suffit qu'un drain puisse débarrasser le sol en 24 heures d'une couche d'eau de 0<sup>m</sup>,01 tombée sur l'étendue de terrain qu'il doit assainir. »

Lorsqu'un versant a une longueur supérieure à 250 ou 300 mètres, il faut donc couper les lignes de drains par des collecteurs secondaires comme le montre la figure 9 de la planche III.

**Pente des drains.** — L'écoulement se fait bien, même dans les petits drains, avec une pente faible, et c'est là un avantage sérieux du procédé de drainage par tuyaux.

On peut à la rigueur se contenter d'une pente de 0<sup>m</sup>,001 par mètre. — Il faut éviter les variations brusques de pente qui se traduisent par des chocs capables de dégrader les tuyaux et les tranchées.

De même, on doit éviter les pentes trop rapides, surtout sur les collecteurs : dans ce cas, on profite des regards pour y créer des chutes qui rachètent l'excès de différence de niveau.

M. Mangon recommande d'adopter des pentes qui aillent en croissant de l'amont à l'aval, afin que la vitesse s'accélère à mesure qu'augmente le volume à débiter et afin que les particules solides entraînées ne viennent pas à se déposer lorsque la vitesse se ralentit.

Cette condition est presque toujours impossible à réaliser et, au contraire, les pentes diminuent de l'amont à l'aval. On balance cette diminution de pente par un accroissement de section des collecteurs, et on établit aux changements de pente des regards où s'accumulent les matières entraînées. Du reste, dans un

drainage bien exécuté, il ne doit jamais couler d'eau trouble et les dépôts vaseux ne sont guère à craindre.

**Diamètre des tuyaux.** — Le diamètre minimum des drains est de 0<sup>m</sup>,03 ; d'ordinaire, le diamètre des petits drains du commerce est de 0<sup>m</sup>,035.

En appelant  $r$  le rayon d'un tuyau,  $i$  sa pente par mètre,  $u$  la vitesse moyenne d'écoulement,  $q$  son débit à la seconde, et en admettant pour coefficient de la résistance dans des tuyaux depuis longtemps en service le nombre 0,002, notablement supérieur à celui qu'indiquent les expériences de Darcy, on a les deux relations :

$$(1) \quad ri = 0,002u^2$$

$$(2) \quad q = \pi r^2 u.$$

Prenons un tuyau de 0<sup>m</sup>,035 de diamètre ayant la pente minima de 0<sup>m</sup>,001, l'équation (1) nous donnera pour la vitesse la valeur

$$u = 0,095.$$

et le débit à plein tuyau sera de 9 centilitres par seconde, soit 7776 litres par 24 heures.

Le drain dont il s'agit étant à faible pente, aura au plus 250 mètres de longueur ; si l'écartement est de 10 mètres, il correspond à une surface de 2500 mètres carrés.

Sous le climat du nord de la France, les pluies qui donnent 0<sup>m</sup>,01 de hauteur d'eau en 24 heures sont rares et celles qui en donnent 0<sup>m</sup>,02 à 0<sup>m</sup>,03 sont exceptionnelles : on les remarque surtout en été, c'est-à-dire à l'époque où la terre a sa plus grande faculté d'absorption, en même temps que l'évaporation est à son maximum.

Considérons donc une pluie de 0<sup>m</sup>,01 ; elle versera sur la surface correspondant au drain qui nous occupe 25 mètres cubes d'eau en 24 heures. — En trois jours, le drain pourra débiter tout ce volume : le plan d'eau s'élèvera donc dans le sous-sol, mais d'une manière momentanée et non dangereuse, et l'assainissement ne se fera pas attendre.

M. Hervé Mangon a souvent calculé le diamètre des drains en prenant comme point de départ qu'ils doivent débiter en 36 heures la moitié environ de la quantité d'eau versée en 24 heures sur la surface considérée par les fortes pluies du pays.

L'exemple précédent suffira à guider le lecteur dans tous les calculs du même genre.

On admet que, sous le climat du nord et du centre de la France, un tuyau de 0<sup>m</sup>,07 de diamètre peut recevoir les eaux d'une surface de 2 à 3 hectares.

**Profondeur et écartement des drains.** — La profondeur et l'écartement des drains sont deux quantités corrélatives.

Étant donnée la profondeur à laquelle on veut maintenir le plan d'eau en tous les points de la surface à assainir, les drains doivent se trouver au moins à cette profondeur. Mais si on les plaçait juste à cette profondeur, il faudrait en rapprocher les files outre mesure ; en effet, le plan d'eau ne reste pas horizontal entre deux drains, il se déforme, et sa surface ne peut mieux se comparer qu'à celle d'un toit dont le faîte est parallèle aux deux drains et situé au milieu de leur intervalle, et dont les versants sont régulièrement inclinés vers les drains.

— C'est grâce à cette pente que l'eau prend son mouvement vers les drains.

D'après cela, on comprend que si les drains sont à une faible profondeur, on

devra en rapprocher les files; au contraire, à mesure que la profondeur augmentera, le champ de leur action s'étendra et l'écartement des files pourra être augmenté.

**Avantage des drains profonds.** — L'avantage des drains profonds à grands écartements est généralement reconnu.

L'atmosphère, disait M. Parkes en 1850, est un immense réservoir d'engrais et celui qui nous les donne à plus bas prix. Comment pourrait-on, dès lors, hésiter à lui faciliter l'accès du sol cultivable, et cela le plus profondément possible?

L'assainissement superficiel d'une terre argileuse ne produit jamais que de médiocres résultats; il n'enlève que la couche superficielle d'humidité; il n'empêche pas les eaux pluviales de s'accumuler dans le sous-sol et de remonter jusqu'à la surface par un effet de capillarité; la terre reste froide et compacte, les conditions de la végétation ne sont pas sensiblement améliorées. L'action de capillarité suffit à relever les eaux de 0<sup>m</sup>,45 et plus; des rigoles creusées à 0<sup>m</sup>,40 ne peuvent donc produire d'effet utile que pour enlever les flaques d'eau stagnante, elles ne sauraient donner les résultats du drainage. Plus la nappe d'eau sera abaissée dans le sous-sol, plus l'amélioration produite par les drains sera considérable, et, sous le rapport de l'efficacité, le drainage profond l'emporte sur le drainage à faible profondeur. — Au point de vue économique, il y a aussi avantage à exécuter des tranchées moins nombreuses et plus profondes, à moins qu'on ne rencontre des sols rocheux, auquel cas il faut bien se résigner à placer les drains à de faibles profondeurs.

Dans ces conditions, des drainages de 0<sup>m</sup>,40 de profondeur pourront suffire, mais on s'expose à voir les drains envahis par les racines des plantes; cependant quelques vignes de Sologne ont été drainées à seulement 0<sup>m</sup>,40 et l'opération a réussi. C'est que les racines de la vigne fuient l'eau et se gardent bien par conséquent de pénétrer dans les tuyaux.

Mais, d'une manière générale, il y a avantage à ameublir le sol sur une hauteur aussi grande que possible; l'action oxydante de l'air atmosphérique s'étend alors fort loin sur toutes les matières minérales utiles à la végétation, enfouies dans la terre; la chaleur solaire, à laquelle l'air sert de véhicule, pénètre dans le sous-sol et s'y accumule au grand profit de la végétation. Les labours profonds et le défoncement deviennent possibles en tout temps; les plantes vont chercher leur nourriture jusque dans les couches inférieures; les drains eux-mêmes sont à l'abri de tout choc et de tout engorgement et n'ont rien à redouter des gelées; les drains profonds ameublissent une épaisse couche du sol et lui permettent d'emmageriser le produit des grandes pluies; jamais l'eau ne coule à la surface; elle pénètre à l'intérieur, l'imbibe et constitue pendant la saison sèche une réserve d'humidité bienfaisante, qui empêche les plantes de dépérir.

Les figures 9 à 11 de la pl. XI représentent, d'après M. l'ingénieur Bellegarde, l'effet produit par les divers écartements. Supposons que l'on veuille abaisser le plan d'eau à 0<sup>m</sup>,60 au moins au-dessous du sol; cette hauteur de 0<sup>m</sup>,60 existera au milieu de l'intervalle entre deux drains, et la surface de la couche humide ira en s'inclinant de ce point vers les drains. Supposons qu'il faille pour l'écoulement une pente transversale de 0<sup>m</sup>,10 par mètre, cela donnera une profondeur de 1<sup>m</sup>,10, pour les drains si on adopte un écartement de 10 mètres. — Avec un écartement de 20 mètres, figure 9, la profondeur des tranchées n'atteindra que 1<sup>m</sup>,60 et il y en aura moitié moins. La surface de terrain desséché sera en outre de 22 mètres carrés par section transversale au lieu de 17 mètres. — A

moins qu'on ne se trouve sur un terrain rocheux, on dépensera beaucoup moins pour exécuter une tranchée de 1<sup>m</sup>,60 qu'une tranchée de 1<sup>m</sup>,10 ; on emploiera moins de tuyaux et de main-d'œuvre. — Tout est donc avantage.

Avec les tranchées profondes, on est plus assuré de couper toutes les stries, toutes les surfaces d'écoulement qui se rencontrent dans le sous-sol.

Dès 1837, dit M. Bellegarde, M. Primmer reconnaissait qu'il existait dans les terrains, à certains profondeurs, des espèces de sillons naturels qui ont, en général, des directions déterminées (direction des courants diluviens), et dès lors il avait conjecturé que l'existence de ces sillons devait avoir une grande influence dans la question du drainage.

Ces sillons plus ou moins compactes, plus ou moins filtrants, se rencontrent dans tous les terrains de sédiments : il faut autant que possible les couper et ne pas établir les drains dans un sens qui leur soit parallèle. — Cela n'est pas à craindre dans la plupart des cas ; cependant, cette circonstance pourrait se présenter dans les drainages à grands écartements : alors, si l'on avait quelques craintes et si on voyait que l'opération ne donne pas tous les résultats qu'on en attendait, on pourra, comme le montre la figure 8, exécuter transversalement aux drains des tranchées que l'on rebouchera ensuite, et grâce auxquelles les eaux pourront toutes se rendre vers les drains.

Mais, si l'on était certain d'être forcé de recourir à cet expédient, il serait évidemment préférable de doubler dès l'origine le nombre des files de tuyaux.

La profondeur moyenne des drains est d'ordinaire de 1<sup>m</sup>,10 ; l'écartement varie suivant les terrains, de 8 à 16 mètres ; souvent on adopte un écartement de 12 mètres.

*Nécessité des sondages préalables.* — Nous rappellerons ici que tout projet de drainage doit être précédé de sondages assez multipliés pour qu'on se rende un compte exact de la nature du sous-sol. — En général, on n'a pas besoin de recourir aux tarières et autres appareils de sondage ; il vaut mieux exécuter des fouilles et reconnaître *de visu* la nature et l'épaisseur des assises superposées. C'est un élément important pour déterminer la profondeur et l'écartement des drains.

Les expériences sur la forme que prend la surface des eaux entre deux files de drains sont peu nombreuses. Nous citerons seulement celles qu'a exécutées en Sologne M. l'ingénieur Delacroix. En voici la description.

**Expériences sur la position du plan d'eau dans le voisinage des drains.** — Il serait fort important de connaître comment les drains agissent sur le plan d'eau dans les divers terrains et jusqu'à quelle distance leur action peut s'étendre. L'écartement à donner aux drains se trouverait par là déterminé.

Malheureusement, les expériences sur l'action des drains sont peu nombreuses. — Les seules que nous connaissons sont celles qu'a faites en Sologne M. l'ingénieur Delacroix et voici le procédé qu'il a employé pour déterminer chaque jour le niveau de la nappe d'eau aux environs des drains :

« Des tubes en tôle percés de trous ont été placés verticalement dans le sol, suivant des lignes perpendiculaires aux drains, à une profondeur égale à celle des tuyaux ; ils ont été espacés de 5 mètres l'un de l'autre et sont au nombre de 8, de sorte que le dernier est à 40 mètres du drain. Les observations des tubes étaient faites quotidiennement, au moyen de baguettes plongées jusqu'à la rencontre de l'eau. Les profondeurs ainsi obtenues étaient rattachées à la partie supérieure des tubes, et par suite à la ligne de drains ainsi qu'au terrain. »

Les expériences ont porté sur deux drains placés dans des terrains différents.

Le premier comprenait, sur 1 mètre d'épaisseur, de la terre végétale sur un sable gris et jaune un peu argileux, puis, sur 0<sup>m</sup>,25, un sable jaune argileux et au-dessous l'argile.

Le second comprenait, sur 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur, de la terre végétale, puis, sur 0<sup>m</sup>,50, un sable jaune caillouteux mêlé d'argile, et au-dessous du sable jaune et gris argileux et graveleux.

La figure 4 de la planche IX représente la coupe verticale des terrains, ainsi que le résultat des expériences.

Elle prouve d'abord que le plan d'eau se déforme et se creuse de chaque côté des drains, par l'effet combiné de la pesanteur qui entraîne les molécules liquides vers le drain, et de la résistance du sol qui les retarde dans leur marche.

Les profils montrent aussi que la déformation du plan d'eau dépend non-seulement de la nature du terrain, mais encore de l'état hygrométrique de la saison. Dans le terrain numéro 1, la pente totale sur une longueur de 35 mètres était de 0<sup>m</sup>,538 en avril et tombait à 0<sup>m</sup>,184 en juillet ; dans le terrain numéro 2, la pente totale qui était de 0<sup>m</sup>,533 en janvier, tombait à 0<sup>m</sup>,03 en juillet. Si donc on voulait déterminer par une formule l'écartement des drains, il ne faudrait pas prendre un coefficient constant suivant la nature du terrain, il faudrait tenir compte, en outre, de l'époque de l'année pour laquelle on veut réaliser un assainissement donné.

L'influence de la nature du terrain sur la déformation du plan d'eau est mise en évidence par les figures : dans le terrain numéro 1, pour lequel la nature du terrain ne varie guère jusqu'à la profondeur du drain, la déformation est régulière et la ligne du plan d'eau est presque droite ; dans le terrain numéro 2, la pente est plus considérable entre les tubes 1 et 4 qu'entre les tubes 5 et 8, cela tient à ce que le sable argileux de la partie supérieure repose sur une couche d'argile dont la résistance au passage de l'eau est plus énergique et détermine par suite une plus grande dénivellation.

Pour le terrain numéro 2, la pente par mètre a été en moyenne de 0<sup>m</sup>,015 en janvier, elle est descendue à 0,0007 en juin et a été en moyenne de 0,007. Dans l'argile pure du terrain numéro 1, la pente moyenne par mètre de janvier à juin eût donc été environ de 0<sup>m</sup>,009.

Dans les expériences qui nous occupent, l'écoulement des drains s'est arrêté lorsque la charge du plan d'eau au-dessus des drains arrivait à 0<sup>m</sup>,12 ; la résistance du terrain agit donc pour maintenir la nappe d'eau souterraine à un certain niveau au-dessus des drains qui l'assainissent, et ce niveau dépend de la composition du sous-sol et surtout de son état hygrométrique.

De ces faits, M. Delacroix tire la conclusion suivante :

« Dans les terrains dont la compacité est faible, ceux, par exemple, composés en partie de silice, et qui doivent uniquement leur humidité permanente à l'existence d'un banc argileux inférieur, la pente du plan d'eau souterrain déterminé par le drainage n'est pas très-sensible. On pourra donc assainir de semblables sols avec un écartement de drains de 40 mètres et plus, même en adoptant les profondeurs de 1 mètre et 1<sup>m</sup>,20. Cet écartement pourra même être augmenté si la disposition des lieux permettait d'abaisser les tuyaux d'écoulement. Mais la limite d'écartement se resserrera considérablement en raison de la compacité du sous-sol et de la résistance qu'il oppose à la pénétration de l'eau. C'est dans

ces circonstances que les distances de 10 mètres et moins, pour des profondeurs de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,20, doivent être considérées comme nécessaires.

« En posant ces chiffres, nous admettons que l'époque pendant laquelle on cherchera à réaliser l'assainissement complet, c'est-à-dire celui qui empêchera le plan d'eau de se trouver à moins de 0<sup>m</sup>,50 ou 0<sup>m</sup>,60 de distance du sol, sera l'époque de la végétation. On comprend d'ailleurs que, suivant le but qu'on voudra atteindre, suivant la culture que le terrain devra recevoir, et aussi suivant le climat, on pourra, par des considérations analogues, disposer le drainage de manière à conserver plus longtemps la nappe d'eau plus près des racines des plantes, ou à l'en éloigner, au contraire, plus tôt. »

Ces considérations sont très importantes; elles montrent avec quelle prudence on doit agir pour fixer l'écartement des drains. Les espacements de 10 à 12 mètres ne conviennent qu'aux sols franchement argileux. Si l'on se trouve en présence de sols argilo-sableux, ou de sables reposant sur des couches d'argile, l'assainissement peut s'obtenir avec quelques files de tuyaux espacées de 40 mètres et plus. Dans les terrains de ce genre, ou dans les cas douteux, il convient donc de n'établir qu'une ligne de drains, par exemple tous les 30 ou 40 mètres; si cela est insuffisant, il sera toujours temps de venir intercaler d'autres files de tuyaux entre les premières.

*Expériences sur les débits.* — A la Motte-Beuvron, M. Delacroix a fait des expériences sur les débits des drains. Il y a deux sortes d'eau, comme nous le verrons, celle du Beuvron et celle du Chicandin. Voici les résultats trouvés à la sortie d'eau du Beuvron :

PÉRIODES D'OBSERVATION.	NOMBRE DE JOURS.	DÉBITS		HAUTEUR DE PLUIE TOMBÉE (MILLIMÈTRES).
		TOTAUX MÈTRES CUBES.	PAR JOUR MÈTRES CUBES.	
D'avril à septembre 1836...	153	13,700	89,5	304
Septembre 1836.....	30	2,691	89,7	75
Octobre — .....	31	1,900	61,3	23
Novembre — .....	30	973	32,4	36
Décembre — .....	31	2,164	69,8	57
Janvier 1837. ....	31	8,125	262,0	58
Février — .....	28	3,947	141,0	21
Mars — .....	31	2,299	74,0	29
Avril — .....	30	2,650	88,3	44
Mai — .....	31	974	31,4	27
Juin — .....	30	101	3,4	57
Totaux et moyenne. .	456	39,524	86,6	»

Il est intéressant de considérer les variations des débits quotidiens suivant les mois de l'année. Pendant la première période, d'avril à septembre, le débit est relativement élevé, malgré la saison chaude: c'est qu'il fallait d'abord épuiser toute l'eau emmagasinée dans le terrain à assainir. Mais, dans les mois suivants, le régime régulier s'est établi, et les plus grands débits ne correspondent pas aux plus grandes hauteurs de pluie. Le cube d'eau débité ne provient donc pas tant de l'importance des pluies que de leur succession, et surtout que de l'état hygrométrique de l'atmosphère, et, par suite, du sous-sol. Le débit marche donc en sens contraire de l'évaporation. C'est un fait que nous avons

déjà signalé en montrant que les pluies d'été ne profitaient pour ainsi dire pas aux sources.

Si l'on tient compte des surfaces de terrain assainies et des cubes d'eau pluviale qu'elles ont reçus, on reconnaît que pendant les mois de janvier et février 1857, le débit des drains surpassait la masse d'eau reçue par les terrains qu'ils assainissent. Il y avait donc à cette époque accumulation d'eau dans le sous-sol. En mars et avril, cette réserve semble épuisée : le drainage et l'évaporation agissent simultanément pour l'enlèvement de l'eau fournie par les pluies. En mai et juin, c'est l'évaporation qui agit seule, et son action est des plus puissantes.

### 3° EXÉCUTION DES TRAVAUX DE DRAINAGE.

L'exécution des travaux de drainage est une opération simple qui demande à être faite par des ouvriers soigneux, avec des outils spéciaux qui la facilitent singulièrement.

Nous avons déjà dit que nous ne nous occuperions pas du niveling, ni du lever de plan, ni du piquetage sur le terrain, toutes opérations décrites en détails précédemment. Nous décrirons seulement l'opération de l'ouverture des tranchées et de la pose des tuyaux.

Les tranchées sont indiquées sur le terrain par deux lignes de piquets enfoncés à coups de maillet, et dont les têtes sont dans un plan parallèle au fond de la tranchée, de sorte qu'étant donné un piquet, l'ouvrier sait à quelle profondeur il doit creuser à l'emplacement de ce piquet. Il va sans dire que les têtes des piquets ont été convenablement établies par un niveling simple.

Il importait de réduire le plus possible la section transversale des tranchées afin de diminuer le cube des déblais ; c'est à quoi on est arrivé en adoptant les sections étroites représentées sur la planche IX.

L'ouvrier creuse la tranchée au moyen de bêches presque toutes de modèle anglais, planche XII. L'ouvrier appuie avec le pied sur la bêche, qui, souvent, est munie d'une pédale : le pied se fatiguerait promptement, si l'ouvrier ne portait soit de forts sabots, soit des souliers garnis d'une forte semelle de fer.

Lorsque la tranchée est arrivée à une certaine profondeur, l'ouvrier descend dedans pour continuer la fouille, et, vu le peu de largeur dont il dispose, il est forcé de s'appuyer du côté gauche, sur la paroi humide de la tranchée. Ce contact prolongé serait dangereux pour la santé, et on ne saurait trop recommander aux propriétaires de donner aux ouvriers des culottes et des brassards en cuir, ainsi que des vêtements de laine et des bottes imperméables.

Les meilleures bêches de drainage sont les bêches anglaises avec poignée transversale ; les ouvriers français préfèrent, par raison d'habitude, la bêche à manche droit, qui est moins commode.

Pour enlever les terres fouillées, on a recours à des pelles inclinées sur le manche, et à des curettes. Dans les terrains argileux, les déblais s'enlèvent facilement avec les bêches courbes ; on a des jeux de bêches courbes dont les largueurs vont en décroissant, de manière à conduire jusqu'au fond de la tranchée.

Souvent les terres gazonnées de la surface s'enlèvent avec une forte fourche à trois dents ; d'autres fois, un ouvrier pioche les couches supérieures, et un autre vient derrière lui pour enlever les terres fouillées.

Lorsqu'on est arrivé au fond de la tranchée, il est bon de lui donner une forme demi-cylindrique ; à cet effet, on bat la terre avec un fouloir en fer ou en bois, planche XII.

L'ouvrier draineur devra toujours être muni d'une hache pour couper les racines.

Généralement, les tranchées s'exécutent par étages, de sorte que les ouvriers se suivent à quelques mètres de distance ; l'atelier est ainsi condensé, et cela n'en vaut que mieux pour la rapidité et la bonne exécution du travail, sur lequel il faut, du reste, exercer une surveillance assidue.

Quand une tranchée est terminée, on en vérifie le profil au moyen d'un gabarit, planche XII, et pour en vérifier la pente, on a recours à des nivelettes.

C'est du reste une bonne précaution de faire traîner au fond de la tranchée un bout de cylindre métallique, qui égalisera le fond et évitera les petites dénivellations brusques : on sera certain par là de bien placer les tuyaux bout à bout. Il a été construit sur ce principe un appareil très-simple qui a rendu des services, et que M. Mangon a décrit dans son livre sur la pratique du drainage.

Les tranchées étant préparées, il s'agit de poser les tuyaux : on les transporte sur les lieux au moyen de civières *ad hoc*, et on les met en place au moyen d'un posoir en fer ou en bois, planche XII ; ce posoir est muni d'un long manche et porte une broche que l'on fait entrer dans les bouts de tuyaux successifs. C'est avec cette broche qu'on les descend et qu'on les met en place au fond de la tranchée. Lorsqu'on se sert de tuyaux réunis par des manchons, on pose à la fois un tuyau et son manchon, et le posoir porte à cet effet deux rondelles perpendiculaires à la broche ; à l'une s'arrête le tuyau, à l'autre s'arrête le manchon, qui reste en saillie sur le tuyau.

L'emploi des manchons est aujourd'hui peu répandu ; ils ont l'inconvénient de laisser le tuyau en porte à faux sur une partie de sa longueur, et ils ne paraissent pas très-utiles ; mais il faut reconnaître qu'ils facilitent la pose et permettent d'éviter les erreurs dues à la négligence des ouvriers. Lorsqu'on ne se sert pas de manchons, il faut dresser avec le plus grand soin le fond de la tranchée et exercer sur les ouvriers une surveillance assidue : il ne faut pas, dans ce cas, recourir à des ouvriers à la tâche.

*Utilité des manchons ou colliers.* — « La pose des tuyaux, dit M. Hervé-Mangon, exige beaucoup de soin ; elle doit être confiée à un ouvrier exercé, et constamment surveillée par le directeur du travail.

Quand on emploie des colliers, les tuyaux s'y engagent et sont ainsi maintenus à la suite les uns des autres. On cale les tuyaux et leurs colliers, au fond de la tranchée, au moyen de quelques petites pierres ou de terre émiettée, soigneusement appliquée et un peu pilonnée, sur laquelle on jette ensuite la terre extraite de la tranchée et déposée sur un de ses côtés.

Lorsqu'on n'emploie pas de colliers, on met les tuyaux bout à bout aussi exactement que possible, on les assujettit à leurs points de raccordement au moyen de quelques tessonss provenant de tuyaux cassés ou de tuiles, par-dessus lesquels on tasse fortement une motte de terre argileuse aussi grosse que possible, et l'on termine le remplissage comme dans le premier cas. Ce mode de pose est plus délicat que le premier ; il demande plus de temps et d'adresse, et il ne peut jamais offrir autant de garanties. Ces désavantages font plus que compenser la très-faible économie qu'il peut présenter sur l'emploi des colliers, dont nous ne pouvons trop souvent recommander l'usage, surtout aux

personnes qui sont obligées de confier leurs travaux à une surveillance étrangère, et qui ne peuvent pas poser elles-mêmes, et un à un, pour ainsi dire, leurs tuyaux de drainage. »

Ainsi que nous l'avons expliqué, le raccordement des gros drains ou collecteurs se fait au moyen de regards en poterie; le raccordement des petits drains et des collecteurs se fait par emboîtement, comme le montre la planche XII. On vend dans les fabriques des tuyaux tout percés; mais si l'on en manque, il est facile d'en percer au moyen du marteau, planche XII; les tuyaux se coupent et se taillent comme on fait pour la brique, et un ouvrier *adroit* arrive vite à faire de bons assemblages.

Lorsqu'une file de tuyaux posée dans les tranchées a été vérifiée, on procède au remplissage; on commence par mettre une bonne couche de terre argileuse que l'on mouille quelquefois et qui forme sur le drain comme un manteau protecteur; l'appel d'eau vers le drain ne se fait pas verticalement, mais horizontalement ou, du moins, suivant une ligne peu inclinée sur l'horizon. La couche argileuse doit être piétinée et battue avec un pilon en bois.

Ce n'est que dans les tranchées très-profondes, où les obstructions ne sont pas à craindre, et où il faut produire un appel énergique, qu'il sera quelquefois utile de recouvrir les drains avec une couche de pierrailles, de manière à donner à l'eau une grande facilité de circulation.

Mais, généralement, il vaut mieux pilonner sur le drain une couche d'argile de 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,25 d'épaisseur.

Le reste du remplissage se fait avec les produits du déblai que l'on pilonne par couches de 0<sup>m</sup>,20. Au cas où il se produirait quelques tassements après l'exécution du travail, il faut avoir soin d'y remédier. La bonne terre végétale doit être réservée pour être mise à la surface.

#### DES OBSTRUCTIONS.

Les obstructions produites dans les tuyaux, et ayant pour effet de mettre un drainage hors de service, tiennent à trois causes :

Invasion des tuyaux par les racines des arbres ou des plantes avides d'eau;

Incrustation des tuyaux par des dépôts ferrugineux ou calcaires;

Ruptures de tuyaux ou malfaçon dans la pose.

L'invasion des tuyaux par les racines peut être combattue de diverses manières; la meilleure est de recourir, au passage des endroits dangereux, à des drains recouverts et entourés d'une chape de béton, ou bien de recouvrir les joints avec des bourrelets de mortier de ciment. On a proposé de recouvrir les drains avec des fascines : ces fascines étant toujours à sec, les racines ne pourront les traverser; l'efficacité de ce procédé ne paraît pas certaine.

M. Mangon a préservé les drains en tuyaux par des contre-drains en pierres sèches; aux passages dangereux, les tranchées à tuyaux sont flanquées de tranchées à pierres sèches. On espère que les racines, pouvant se développer librement dans celles-ci, n'iront pas envahir les drains.

En ce qui touche l'incrustation des tuyaux par des dépôts calcaires ou ferrugineux, ces dépôts ne se produisent qu'en présence de l'air; l'air permet, en effet, le dégagement de l'excès d'acide carbonique qui maintenait les calcaires

en dissolution ; il permet aussi l'oxydation des sels de protoxyde de fer qui se précipitent en masse ocreuse.

Ces dépôts chimiques ne se produisent pas fréquemment : pour en empêcher le développement, il faut interdire à l'air l'accès des tuyaux. C'est à quoi M. Mangon est arrivé en partie en plaçant sur les collecteurs des regards, dans lesquels le tuyau d'amont débouche à quelques centimètres au-dessous du tuyau d'aval. De la sorte, même lorsque l'écoulement s'arrête, il reste sur l'orifice du tuyau d'amont une certaine charge d'eau qui s'oppose à l'introduction de l'air.

Pour ce qui est des obstructions dues aux malfaçons dans la pose et à l'affaissement des tuyaux, nous reproduirons les observations suivantes publiées par M. Vianne dans le journal *le Draineur* :

Si les racines, les calcaires, les dépôts ferrugineux, etc., n'obstruent que rarement et qu'accidentellement, il est d'autres causes de destruction qui sont permanentes et qui perdent beaucoup de drainages. Nous voulons parler de l'emploi de mauvais tuyaux et de malfaçons. Ces cas de destruction ne sont pas accidentels, ils peuvent se produire à chaque opération. Déjà beaucoup de drainages ont été refaits, même en totalité, et cela faute de précaution.

On doit apporter la plus grande attention à la vérification des tuyaux, et ne pas oublier qu'il suffit de l'emploi d'un seul mauvais tuyau pour obstruer un drain, et même annuler l'effet du drainage, si l'obstruction se produit dans le drain collecteur.

On reconnaît le plus souvent la qualité des tuyaux par la simple inspection de la terre après la cuisson ; la couleur indique le degré de cuite ; mais on n'acquiert cependant cette connaissance que par une certaine pratique. Il est des terres donnant des tuyaux sonores, et qui néanmoins se délitent par un séjour plus ou moins long dans l'eau ; d'autres ne sonnent pas clairement, et donnent cependant de bons tuyaux qui résistent à l'action prolongée de l'humidité.

Un moyen facile de s'assurer de leur qualité, c'est d'en faire tremper pendant quelques jours dans l'eau. Si au bout de quatre à cinq jours de séjour dans l'eau ils ne sont pas ramollis et conservent le même son que ceux qui n'ont pas été trempés, on peut les employer sans aucune crainte.

Il y a quelques mois, nous avons été appelé dans le département du Loiret pour refaire un drainage qui était exécuté depuis un an, et qui ne fonctionnait plus. Les tuyaux provenaient d'une fabrique d'Orléans ; pas un seul n'avait résisté. Ils étaient fabriqués avec une terre très-siliceuse et manquaient de cuisson. Tous les tuyaux relevés s'écrasaient sous la pression des doigts. Ce fait n'est malheureusement pas isolé, et beaucoup de drainages se trouvent dans le même cas.

D'autres tuyaux contiennent du calcaire en grande quantité. Ces amas calcaires se transforment en chaux à la cuisson, et l'humidité, faisant foisonner la chaux, fait éclater le tuyau. Nous avons connaissance d'un drainage entièrement perdu pour cette cause dans le canton de Limours (Seine-et-Oise).

Il est donc essentiel de n'employer que des tuyaux bien cuits, et de rejeter tous ceux qui laisseraient le moindre doute.

Parce que la théorie du drainage est excessivement simple, il ne suit pas de là qu'il en soit de même de la mise en pratique. Il est vrai qu'au premier abord rien ne paraît plus facile que d'ouvrir une tranchée, d'y placer un tuyau et de la combler ensuite. Certes, si l'on opérait toujours dans des terrains ayant une pente uniforme, suffisamment humides pour présenter un travail facile, renfer-

mant assez d'eau pour guider le règlement du fond, ayant assez de consistance pour ne pas s'ébouler avant l'ouverture et la mise à fond de toute la longueur du drain, et permettant, par conséquent, de commencer la pose des tuyaux par la partie supérieure, l'opération serait très-simple, et il suffirait de prêter une grande attention à la pose des tuyaux, au remplissage et aux croisements, pour être assuré d'un bon travail; or non-seulement toutes ces conditions ne se trouvent pas toujours réunies, mais il arrive le plus souvent que, lorsqu'on les rencontre, les propriétaires ou fermiers laissent toute latitude aux ouvriers et se dispensent d'un surveillant, qu'ils considèrent comme une dépense inutile et superflue. Cependant ceux qui ont usé des deux moyens sont bien vite convaincus qu'une bonne exécution est impossible sans un surveillant, car on ne peut jamais obtenir des ouvriers assez de soin, surtout pour la pose des tuyaux. Ils n'ont en vue que l'avancement du travail; peu leur importe qu'il soit durable.

Selon nous, il est donc impossible de drainer sans une surveillance active et permanente; c'est une des premières conditions du succès.

Mais, lorsqu'on opère dans des terrains qui ont une faible pente, ou qui ne présentent pas de consistance, l'opération devient plus difficile, et souvent les conducteurs les plus habiles et les plus patients se trouvent embarrassés.

#### DRAINAGE D'UNE PIÈCE DE DEUX HECTARES (ARGILES DU GATINAIS).

La figure 1 de la planche XII donne le plan du drainage d'une pièce de 2 hectares, dont une partie est plantée en vigne, et le reste est en labour.

Cette pièce, située sur un coteau exposée au levant, se trouve dans le Gatinais, arrondissement de Montargis. Elle appartient donc à une formation argileuse, et en effet la couche arable de 0<sup>m</sup>,25 d'épaisseur repose sur un sous-sol argileux compacte mêlé à quelques parties de marne.

L'espacement uniforme des drains est de 12 mètres, et leur profondeur au-dessous du sol varie de 1<sup>m</sup>,10 à 1<sup>m</sup>,30.

La direction des drains est commandée dans la partie en vigne par la direction des rangs de céps; les files de drains sont parallèles à ces rangs; aussi, comme ils rencontraient le collecteur principal sous un angle légèrement obtus du côté de l'amont, ce qui s'oppose à l'écoulement, on a eu soin de les incliner avant leur arrivée au collecteur, de telle façon que l'angle des drains et de la partie amont du collecteur fût un angle aigu.

Dans la partie en labour, cette sujexion n'existe plus; les files de drains sont établies de manière à rencontrer le collecteur sous un angle aigu, sans qu'il soit besoin de raccord. Ces lignes ne sont pas absolument dirigées suivant la plus grande pente du terrain, mais cela n'était pas indispensable à cause de la grande inclinaison du versant.

Un regard est établi au point de croisement du collecteur secondaire et du collecteur principal.

La bouche, qui termine le collecteur principal à l'aval, s'ouvre dans un fossé, à 0<sup>m</sup>,30 au-dessus du fond. Immédiatement à l'aval se trouve un ponceau dont il a fallu abaisser le radier.

Les pentes des files de drains sont comprises entre 48 et 13 millimètres par mètre.

Le collecteur principal a une pente de 0<sup>m</sup>,005 à l'aval du regard et de 0<sup>m</sup>,011 à l'amont.

Voici le détail des dépenses :

	Francs.
1304 mètres de drains ordinaires de 0 <sup>m</sup> ,035 de diamètre à 0 <sup>f</sup> ,08 ou bien 4347 tuyaux à 24 fr. le mille. . . . .	104,32
140 mètres de collecteur de 0 <sup>m</sup> ,07 de diamètre à 0 <sup>f</sup> ,25 le mètre. . . . .	35,00
40 — 0 <sup>m</sup> ,05 — 0 <sup>f</sup> ,20 le mètre. . . . .	22,00
Frais de transport. . . . .	10,00
Fouille, pose des drains et collecteurs, remplissage des tranchées	
1554 mètres à 0 <sup>f</sup> ,20. . . . .	310,80
Dépenses diverses, abaissement du radier du ponceau. . . . .	482,12
	67,88
Total. . . . .	550,00

Prix de revient par hectare : 275 francs en 1860.

#### DRAINAGE D'UNE PIÈCE DE 7 HECTARES 62 (ARGILES DU GATINAIS).

La figure 1, planche XIII, donne le plan d'un drainage effectué sur une étendue de 7 hectares 62 ares. La pièce dont il s'agit se trouve sur le territoire de Beaune-la-Rolande (Loiret), et appartient aux argiles du Gâtinais.

Comme le montrent les profils de sondage, la terre végétale n'a qu'une épaisseur de 0<sup>m</sup>,15; elle repose sur une argile compacte. L'imperméabilité de cette formation se manifeste par les flaques d'eau qui recouvrent les bas-fonds long-temps après la pluie, même en été; la végétation y est très-tardive, et l'excès d'humidité y est accusé par la présence de joncs et de colchiques qu'on y trouve en abondance.

Les versants sont surtout plantés en vignes; ils peuvent être facilement drainés en plaçant les files de tuyaux parallèlement aux lignes de céps, d'autant plus que ces lignes coïncident sensiblement avec les lignes de plus grande pente.

Les drains de 0<sup>m</sup>,035 de diamètre sont placés par files espacées de 12 mètres; leur pente n'est pas inférieure à 1 millimètre par mètre. Elle est plus grande, à mesure qu'on s'élève sur les versants.

On voulait à l'origine conserver pour collecteur un fossé qui existait dans le thalweg, à peu près à l'emplacement du collecteur principal; mais les ingénieurs des ponts et chaussées, qui rédigeaient le projet, firent remarquer aux propriétaires qu'il était fort difficile d'assurer et de maintenir le débouché des collecteurs dans un fossé qui exigerait un entretien continual, et la suppression du fossé fut décidée.

Le diamètre du collecteur est de 0<sup>m</sup>,08 de A en B, et de 0<sup>m</sup>,10 dans la partie aval jusqu'à la rencontre du ponceau qui livre passage à la route départementale n° 11.

Des regards sont ménagés sur le collecteur principal en A, B et C; à l'aval de B, on n'a pas jugé utile de prévoir des regards, parce que le diamètre du collecteur principal est plus grand, et que les collecteurs secondaires qu'il reçoit sont beaucoup moins importants.

La dépense s'est élevée à environ 250 francs l'hectare.

Le collecteur principal se déverse, avons-nous dit, dans un aqueduc qui passe sous la route départementale ; à cet aqueduc fait suite un petit cours d'eau, affluent du Fusin.

On voit par cet exemple que pour dresser un projet de drainage il suffit d'avoir un plan parcellaire bien établi, sur lequel on a tracé avec soin des courbes de niveau équidistantes. Le méttré des travaux est facile à faire, puisque tout s'évalue au mètre courant, et qu'il suffit de mesurer les longueurs à l'échelle du plan.

Le drainage que nous venons de décrire présente cet intérêt particulier qu'il a été exécuté par les propriétaires intéressés, réunis en association syndicale libre. C'est un exemple bon, mais difficile à suivre.

#### DRAINAGES EFFECTUÉS DANS LE DÉPARTEMENT DE SEINE-ET-MARNE.

Le département de Seine-et-Marne, où l'agriculture est très-développée, et qui présente une grande surface de terrains imperméables, s'est lancé un des premiers dans la voie du drainage. Dès 1842 on y a tenté des essais importants, et voici, d'après M. Marx, inspecteur général des ponts et chaussées, les travaux effectués, et les résultats obtenus au 1<sup>er</sup> janvier 1867 :

*Travaux effectués.* — A cette date, la superficie drainée était de 19,445 hectares ; sur cette quantité 3328 hectares ont été drainés d'après les projets et sous la surveillance des agents de l'administration des ponts et chaussées.

Le concours du Crédit foncier a été utilisé pour 2547 hectares, et le chiffre des avances faites s'est élevé à 564,500 francs.

*Dispositions adoptées.* — Les dispositions varient suivant la nature et la forme des terrains. En donnant les limites extrêmes, nous indiquerons entre quels termes l'opération peut être faite :

	Mètres.
Espacement des drains . . . . .	10 à 21
Profondeur des tranchées . . . . .	1 à 1,50
Diamètre des tuyaux . . . . .	0,03 à 0,15
Francs.	
Prix des tuyaux, le mille . . . . .	22 à 300
Prix de l'hectare drainé, y compris frais d'études et de surveillance . . . . .	235 à 330

*Résultats obtenus.* — Un grand nombre d'observations suivies pendant un grand nombre d'années pouvaient seules permettre de s'approcher de la vérité. C'est ce qui a été tenté dans Seine-et-Marne. Un compte a été ouvert à toutes les superficies de quelque importance soumises au drainage. On a enregistré la production moyenne avant et après l'opération.

Pour les céréales, le rendement à l'hectare s'est élevé de 18 hect. à 24	
— avoines	—
— colzas	—
— prairies artificielles	—

« Il résulterait de ces chiffres, dit M. Marx, une plus-value de 30 à 35 0/0. Il ne faut pas l'attribuer uniquement au drainage. Il est certain qu'à la suite d'un travail de cette nature on soigne davantage la culture, on met plus d'engrais, on renouvelle le marnage. »

Néanmoins, cette proportion peut être considérée comme s'approchant beaucoup de la vérité, parce que les chiffres du rendement ne peuvent pas tenir compte d'une facilité considérable donnée à la culture. C'est la possibilité de façonnner le terrain, très-peu de temps après la pluie, souvent huit jours avant un sol de même nature non drainé. C'est là un avantage considérable pour les labours d'octobre où, même avec des alternatives de beau temps, le cultivateur ne peut pas toujours arriver à trouver un moment favorable.

Les avantages du drainage sont aujourd'hui tellement bien compris, par les fermiers du département de Seine-et-Marne, qu'ils offrent aux propriétaires 6 et même 6 1/2 0/0 du capital employé. Un fermier de l'arrondissement de Coulommiers, possédant un bail de vingt ans, a fait drainer à ses frais plus de 100 hectares dans la ferme qu'il exploite, et l'on ne doute pas qu'il y trouve un très-large bénéfice. »

#### DRAINAGES EXÉCUTÉS DANS LE DÉPARTEMENT DU JURA.

Les drainages exécutés dans le Jura, et dont M. l'ingénieur Lamairesse a rendu compte, se présentent dans les conditions les plus variées. Ils s'appliquent aux marnes et argiles de presque tous les étages géologiques, aux tourbières complètement noyées et aux argiles compactes que l'eau ne pénètre pas, aux éboulis schisteux inclinés à 45° et aux assises calcaires presque horizontales. Voici les principes suivis :

1<sup>o</sup> Par raison d'économie, comme dans l'intérêt de l'assainissement, donner au drainage la profondeur de la couche humide et molle jusqu'à concurrence de 1<sup>m</sup>,70; ainsi, dans les marais tourbeux, descendre le plus bas possible, et adopter de larges espacements, afin d'intercepter les nappes d'eau les plus basses et les plus puissantes, sans dessécher outre mesure les marais, faute que M. de Prony recommande d'éviter. Dans les terrains secs et durs, tels que les poudingues, avoir le moins de profondeur possible, 0<sup>m</sup>,60 au minimum pour les champs et près, et 1<sup>m</sup>,10 pour les vignes, parce que la dépense augmente rapidement avec la profondeur, sans qu'il en soit de même des effets utiles du drainage; il suffit alors d'assainir et d'aérer la couche supérieure du sol.

2<sup>o</sup> Adopter pour espacement 12 à 13 fois la profondeur dans les prés, 10 à 12 dans les champs, et 9 dans les vignes et jardins.

3<sup>o</sup> Dans les terrains accidentés, ne fixer la direction des drains qu'après avoir déterminé le sens probable de l'écoulement des eaux souterraines, eu égard à la conformation du bassin. Creuser le drain de ceinture d'amont aussi profondément que possible; ne pas craindre de croiser avec les drains la ligne de plus grande pente, si la forme de la propriété le commande.

4<sup>o</sup> Dans tous les terrains, et principalement dans ceux faisant suite à de fortes pentes, avoir des drains de ceinture en communication avec tous les autres; l'air circule alors largement depuis les cheminées d'appel placées aux points hauts jusqu'aux regards et aux bouches de sortie. Adopter d'abord un espace-

ment de 16 mètres, afin de doubler facilement les files de drains si le terrain est rétentif; ne pas dépasser 16 mètres, afin de maintenir toujours une bonne aération.

5<sup>o</sup> Se débarrasser des sources et des eaux ambiantes par des écoulements superficiels indépendants du drainage. Dans l'année qui suit l'exécution du drainage, l'entretenir avec le plus grand soin, et combler les affaissements à l'emplacement des tranchées, afin d'empêcher les ravinements.

Par ces moyens on est arrivé aux résultats suivants :

La surface du sol a été desséchée et raffermie aussitôt après le drainage, et les eaux de pluie ont cessé de séjourner;

L'effet a été beaucoup plus sensible lorsque les tranchées ont pu rester ouvertes pendant quelques mois, lorsque, par exemple, on les a ouvertes après la moisson et qu'on leur a laissé passer l'automne, l'hiver et le commencement du printemps sans les remplir;

Lorsqu'on a drainé des marais où aboutissent des versants étendus et rapides, le produit des sources a augmenté plutôt que diminué, à la suite de l'exécution des travaux, et il a fallu se ménager des débouchés exceptionnels; les drainages de certains marais peu étendus donnent un débit capable de faire mouvoir des usines;

Il paraît acquis par l'expérience que l'on n'a pas à craindre l'obstruction des tuyaux par les racines de la vigne; elles semblent fuir les tuyaux à cause de l'humidité qui s'y trouve; le contraire a lieu avec les racines des arbres à bois blanc.

Voici quelques exemples de drainage :

1<sup>o</sup> Terre et pré de 7 hectares, sous-sol d'argile bleuâtre et blanchâtre, homogène, compacte, assez molle et humide, dénuée de chaux, pentes plus que suffisantes; profondeur 1<sup>m</sup>,20; espace 15 mètres; dépense par hectare 250 à 300 francs. Pour arriver à dessécher toute la surface uniformément entre les drains, il a fallu 4 ans; les mauvaises herbes des prés avaient alors disparu; les terres drainées ont moins souffert de la sécheresse que les champs voisins non drainés. Les produits ont doublé en quantité et en qualité.

2<sup>o</sup> Ancien étang, extrêmement froid et humide, dans l'argile de Bresse, mou à une profondeur indéfinie. Profondeur 1<sup>m</sup>,50, espace 17 mètres. Ce drainage n'a coûté que 130 francs, à raison de l'avantage des longs outils dans les terrains mous et tourbeux. Pendant la sécheresse de 1857, le maïs ne souffrait pas encore de la sécheresse, alors que les maïs voisins dépérissaient depuis quinze jours.

3<sup>o</sup> Pré de 1<sup>h</sup>,84 à Champagnole. Profondeur 1<sup>m</sup>,40 à 1<sup>m</sup>,50; espace 16 à 18 mètres. Pré marécageux au pied de versants extrêmement rapides et étendus. Sous la terre végétale, couche de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,60 d'argile pure, au-dessous argile mêlée de pierres avec filets d'eau. Ce drainage a été un essai pour procurer de l'eau à la commune de Champagnole. On a, dans les fortes sécheresses, 8 litres à la minute.

4<sup>o</sup> 2 hectares pré tourbeux. Profondeur 1<sup>m</sup>,50, espace 17 mètres. Ancien étang, souvent inondé par un cours d'eau le traversant; tourbeux, humide et mou à une profondeur indéfinie, renfermait beaucoup de bois carbonisés. On a rectifié et approfondi le ruisseau, et, au moyen de drains de ceinture, on a isolé le pré des coteaux argileux environnants. A cause de l'avantage des longs outils dans les terrains tourbeux, la dépense s'est élevée à 100 francs seulement par hectare.

5° Pré de 6 hectares à Lavigny. Profondeur 1<sup>m</sup>,10 à 1<sup>m</sup>,70, espacement 16 à 22 mètres. Ancien étang au pied de versants escarpés, plantés de vignes et assainis aussi. On trouvait d'abord 0<sup>m</sup>,40 de terre végétale, puis 0<sup>m</sup>,70 d'argile marécuse, compacte ou tourbeuse, puis une profondeur variable de 1<sup>m</sup> à 1<sup>m</sup>,70 de béton de gravier et argile, sur lequel reposait la couche aquifère. Jusqu'à ce qu'on ait atteint ce béton, on n'a trouvé que des suintements; mais, lorsqu'on l'a entamé, il a coulé une énorme quantité d'eau surtout dans les drains de ceinture. Quelques drains, tenus au-dessus du béton, n'ont produit qu'un effet incomplet et ont dû être recreusés. Le ruisseau du thalweg a été approfondi à 1<sup>m</sup>,50 pour recevoir les bouches de décharge. Il forme maintenant l'origine d'un ruisseau qui, à cent mètres de là, fait tourner deux roues d'un moulin avec les eaux du drainage.

6° 2 hectares de pré. Profondeur 1<sup>m</sup>,20, espacement 15 mètres. Marais inabordable sur un plateau élevé appartenant au diluvium. On trouvait sous la terre végétale 0<sup>m</sup>,40 à 1 mètre de gravier sablonneux, puis une glaise imperméable et dure, dont la déclivité, du reste très-faible comme celle du champ, était en sens contraire de cette dernière. La décharge alimente en tout temps la roue d'une usine. L'effet du drainage s'est étendu sur les champs voisins à une grande distance; c'est là ce qui explique l'abondance du débit.

#### DRAINAGE DES BOURGS DE LA MOTTE-BEUVRON ET DE LA FERTÉ-SAINT-AUBIN

(SOLOGNE)

Le drainage des bourgs de la Motte-Beuvron et de la Ferté-Saint-Aubin, situés tous deux dans les terrains argilo-sableux de la Sologne, a été exécuté par M. l'ingénieur Delacroix, qui a rendu compte de son travail dans les Annales des ponts et chaussées de 1860.

1° **Bourg de la Motte-Beuvron.** — Le bourg de la Motte-Beuvron (planche 11) a deux rues principales: l'une est la route Nationale, n° 20, et l'autre la rue de l'Église, qui n'a de maisons que d'un côté. La route Nationale est dirigée à peu près du nord au sud; au nord coule la petite rivière du Chicandin et au sud le Beuvron. C'est à ces deux cours d'eau qu'aboutissent les lignes de drains placées à 2 ou 3 mètres au-devant des maisons dans le sol de la voie publique: ces lignes représentent des collecteurs principaux où aboutissent les drains des propriétés particulières. Pour faciliter les raccords, on a placé sur les collecteurs des regards en poterie qui se rencontrent en face de toutes les portes cochères et de tous les points où on pensait qu'on pourrait dans l'avenir faire aboutir de petits drains.

Ces regards permettent du reste de visiter et de réparer facilement le drainage; les eaux s'y décantent et y déposent les vases qu'on enlève de temps en temps.

De 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,40 de diamètre, ces regards (fig. 2), formés de manchons à emboitements assemblés avec du ciment romain, sont descendus à 0<sup>m</sup>,50 au-dessous des lignes de drains. Ils sont fermés haut et bas par un plateau en bois.

Dans chacun d'eux il y a une chute de 4 à 5 centimètres.

Les drains ont été placés à 1<sup>m</sup>,80 de profondeur ; on voulait assainir le sol assez profondément pour permettre d'établir partout des caves de 1<sup>m</sup>,65 de hauteur.

Les profils en long, figures 3, 4, 5, donnent les pentes moyennes des drains vers le Chicandin et vers le Beuvron ; l'écoulement est plus facile de ce dernier côté ; aussi a-t-il suffi d'employer vers le Beuvron trois tuyaux de 0<sup>m</sup>,075 de diamètre intérieur, tandis qu'il en a fallu quatre de l'autre côté.

Le développement des tuyaux posés correspond à une longueur de 3677<sup>m</sup>,53, et le chiffre de la dépense se décompose comme il suit :

	Francs.
Ouverture des drains et pose. . . . .	1606,19
Fouille, pose et fourniture de 38 regards. . . .	560,17
Accessoires, repères des regards, . . . . .	499,50
Tuyaux. . . . .	727,48
<hr/>	
Total. . . . .	3393,54

L'exécution des travaux s'est fait par application de la loi de 1807, et notamment des articles 35 à 37 :

« Art. 35. Tous les travaux de salubrité qui intéressent les villes et les communes seront ordonnés par le gouvernement, et les dépenses supportées par les communes intéressées.

Art. 36. Tout ce qui est relatif aux travaux de salubrité sera réglé par l'administration publique. Elle aura égard, lors de la rédaction des règles de la contribution spéciale destinée à faire face aux dépenses de ce genre de travaux, aux avantages immédiats qu'acquerraient telles ou telles propriétés privées pour les faire contribuer à la décharge de la commune dans des proportions variées et justifiées par les circonstances.

Art. 37. L'exécution des deux articles précédents restera dans les attributions des préfets ou conseils de préfecture. »

D'après ces principes, le maire a fait exécuter les travaux sous la surveillance des ingénieurs ; il a été demandé aux intéressés une cotisation de 0 fr. 70 par mètre courant de façade. Une subvention de l'État combla le déficit.

*Résultats obtenus.* — Le sol argilo-sableux de la Sologne repose sur un sous-sol imperméable ; les eaux séjournent donc sur ce terrain, et il s'établit un plan d'eau plus ou moins rapproché du sol suivant la puissance de l'évaporation.

La présence de ce plan d'eau engendre des brouillards humides et chargés des ferment et des miasmes de la terre ; le sol, sans cesse refroidi, est impropre à la végétation. Aussi le pays est-il insalubre et infécond, ravagé par les fièvres et impropre à la culture des céréales.

Le drainage par tuyaux, ayant pour effet d'abaisser considérablement le plan d'eau, fait disparaître les inconvénients de la nature du sol.

C'est surtout dans les agglomérations d'habitants qu'il faut les combattre.

« Il suffit, pour être frappé de cette pensée, dit M. Delacroix, de parcourir quelques bourgs de la Sologne et de pénétrer un moment dans leurs maisons. On y sentira dans presque toutes, à l'entrée, une impression de froid pénible, impression beaucoup plus sensible dans les maisons des ouvriers peu aisés, qui sont établies le plus souvent en contre-bas du niveau du sol. Ces derniers ont, pendant les temps humides, l'eau en permanence sur le plancher des chambres

d'habitation, ce qui s'explique en ce que le niveau du plan souterrain est alors à fleur de sol. Il est rare dans ces pays de pouvoir fonder les constructions autrement que dans l'eau, et l'on comprend ainsi pourquoi il n'existe pas de caves dans ces maisons. Les caveaux qui les remplacent, et qui sont à 0<sup>m</sup>,60 ou 0<sup>m</sup>,70 au-dessous des terrains environnans, sont encore pendant les saisons pluvieuses constamment remplis d'eau. Il est difficile aussi de trouver des cimetières dans lesquels les sépultures puissent se faire convenablement en toute saison. Les morts y sont presque toujours ensevelis dans l'eau, et à certaines époques le terrain détrempe s'éboule tellement, qu'il est impossible d'atteindre la profondeur voulue. Il résulte de là pendant les chaleurs des émanations repoussantes, surtout lorsque les cimetières sont placés au milieu des habitations, ainsi que cela arrive assez souvent.

Tous ces faits étant la conséquence d'une même cause, l'imperméabilité du terrain, il était naturel de chercher à y remédier par le drainage. »

En effet, le drainage a parfaitement réussi; le plan d'eau s'est abaissé de 1<sup>m</sup>,20, même dans les puits dont l'eau s'est améliorée. — Plus de 60,000 mètres cubes d'eau ont été enlevés en treize mois, et les bouches de sortie alimentent des fontaines où les habitants viennent puiser. Les caveaux restent maintenant à sec.

Ces résultats heureux ont si bien frappé les populations, qu'aucune difficulté n'a été soulevée lors du recouvrement des cotisations.

**Bourg de la Ferté-Saint-Aubin.** — Le bourg de la Ferté-Saint-Aubin est traversé par la route Nationale, n° 20, sur laquelle s'embranchent à droite et à gauche sept rues principales. Voir le plan, figure 6 planche XI. — C'est la Grande-Rue qui sert d'artère principale aux écoulements des rues transversales et qui en conduit le produit jusqu'à la rivière du Cossion, rivière coulant de l'est à l'ouest au nord de la ville.

Afin d'obtenir pour le drain de sortie une pente suffisante, il a fallu lui faire quitter la route Nationale et le diriger suivant la droite HI pour le faire déboucher à l'aval d'un barrage de retenue établi sur le Cossion; par ce moyen, on est arrivé à placer le drain à 1<sup>m</sup>,25 en contre-bas du sol dans les parties les plus déprimées. — Il y a deux débouchés pour les drains : toutes les eaux de la partie supérieure arrivent en C et suivent le chemin CE pour tomber sous le pont de la route Nationale; les eaux des parties basses suivent la voie précédemment désignée.

Dans la Grande-Rue jusqu'au point C existent deux files de drains à 3<sup>m</sup>,50 en avant des maisons. A partir de ce point, les deux collecteurs, celui des parties hautes et celui des parties basses, sont superposés dans la même tranchée, et le plus élevé a été posé sur un gradin ménagé dans le talus de la tranchée.

Dans les rues transversales existe une seule ligne de drains placée suivant l'axe.

On a adopté deux systèmes de regards.

Le premier est en poteries avec plateaux en bois; il a 0<sup>m</sup>,22 de diamètre, et il y a lieu d'exécuter une fouille toutes les fois qu'on veut le visiter, figure 7.

Le second, de 0<sup>m</sup>,40 de diamètre, est en poterie à la partie inférieure et en briques à la partie haute, figure 8; la margelle en pierres de taille est munie d'une rainure pour recevoir une plaque en fonte.

Il y a 5 grands regards et 31 petits. Des chutes y ont été ménagées comme à la Motte-Bœuvron.

Les drains des parties hautes ont 0<sup>m</sup>,045 de diamètre, ceux des parties moyennes 0<sup>m</sup>,065, et ceux des parties basses à pente faible 0<sup>m</sup>,10 et 0<sup>m</sup>,16.

La dépense s'est élevée à 3,200 fr. pour 1718<sup>m</sup>,40 de longueur de lignes, soit 1 fr. 86 par mètre courant. Les grands regards ont coûté 80 fr. la pièce et les petits 10 fr.

Le drain d'écoulement des eaux du drainage inférieur a été obstrué à son passage dans la prairie par des racines de peupliers; on vit l'eau remonter dans les regards et l'écoulement s'arrêter. Les racines avaient pénétré par les joints et s'étaient développées dans les tuyaux sous forme de faisceaux de chanvre comprimé; certaines obstructions étaient en tampons, d'autres s'étendaient sur 3 ou 4 mètres de longueur.

L'introduction des racines s'était faite à plus de 20 mètres des arbres. Il a fallu relever les drains et les remplacer par un tuyau continu en ciment.

Au point de vue de l'assainissement et de l'abaissement du plan d'eau dans les caves, les mêmes résultats ont été obtenus à la Ferté-Saint-Aubin qu'à la Motte-Beuvron.

#### DRAINAGE VERTICAL.

Lorsqu'un terrain imperméable est superposé à des assises perméables et caverneuses, et qu'on éprouve des difficultés pour se débarrasser des eaux de drainage, on peut recourir à ce qu'on appelle un drainage vertical, c'est-à-dire donner aux eaux un écoulement souterrain. Il suffit pour cela d'amener les collecteurs dans des puits ou puisards foncés jusqu'à la couche perméable. Les eaux seront absorbées par cette couche et iront alimenter les nappes souterraines.

Ce procédé ne réussit pas toujours, et il faut être bien sûr des propriétés absorbantes du sous-sol pour se décider à l'appliquer. Souvent, on a construit des puisards ou boit-tout, sur lesquels on fondait de grandes espérances et qui n'ont donné que de médiocres résultats. Il faut sur ce point consulter l'expérience.

En France, dit M. l'ingénieur de Villeneuve, le morcellement de la propriété, douze fois plus grand que celui des domaines anglais, donne un mérite sérieux et un à-propos spécial aux évacuations par puits absorbants; on est par là dispensé de la nécessité de prolonger les canaux d'évacuation jusque dans les propriétés appartenant à des tiers.

Les explorations géologiques qui éclairent la recherche des évacuants souterrains à l'aide des failles, des cavernes et des couches perméables sous-jacentes, sont donc, en France plus qu'ailleurs, d'utiles auxiliaires des procédés de drainage.

Que l'on songe que les assainissements des vallées de Cuges, d'Aubagné et Gemenas, dans les Bouches-du-Rhône, sont fondés sur la mise à profit des puits absorbants fonctionnant encore bien depuis six siècles, et l'on concevra tout ce que la recherche des absorbants souterrains offre de ressources au drainage français.

« L'heureuse influence de l'assainissement des terrains imperméables est, dit M. Belgrand, très-remarquable en Brie. Les amas de meulière y exercent naturellement une certaine action de drainage; depuis longtemps, on a aug-

menté cette puissance de la meulière, en la mettant en communication avec la surface du sol au moyen des mares, anciens trous d'extraction de meulière et de marne. Ces excavations sont desséminées à profusion sur toute la surface des grands plateaux de la Brie, et les cultivateurs y dirigent les eaux pluviales qui, sans cela, convertiraient leurs terres en gâines. Des ruisseaux très-profonds et à très-faible pente, creusés jusqu'à la meulière, sillonnent aussi la contrée dans tous les sens. »

C'est là un exemple de drainage vertical, moitié naturel, moitié artificiel.

Nous en citerons un autre exemple complètement artificiel pris dans le Loiret à la ferme du Plessis.

Pour se débarrasser des eaux des collecteurs, il fallait les jeter dans un thalweg coupé par de petits étangs dont le niveau est très élevé.

De la sorte il était difficile d'assurer l'écoulement, tandis qu'avec un puits vertical on réussit parfaitement.

Ce puits est ouvert sur 4<sup>m</sup>,75 de hauteur dans des terrains argileux (argiles du Gâtinais) et sur 7<sup>m</sup>,75 dans les calcaires lacustres de Beauce, formation éminemment perméable. A cette profondeur totale de 12<sup>m</sup>,50, le puits pénètre dans une nappe d'eau dont le niveau s'est élevé dans le puits de 0<sup>m</sup>,50 au-dessus du fond.

Avant l'achèvement des travaux, les eaux très-abondantes reçues par le terrain à drainer sont entrées par l'orifice du puits et l'ont rempli en entier. Mais, au bout de peu de temps, elles disparurent complètement. Maintenant, le puits est fermé; les eaux n'y arrivent que par les collecteurs dont le jeu est régulier. L'écoulement se fait bien et tout donne le droit de penser que les bons effets du drainage se maintiendront.

On aura donc chance de succès toutes les fois que les puisards seront établis dans des terrains aussi perméables que le calcaire de Beauce.

#### LÉGISLATION DU DRAINAGE.

Les anciens législateurs ne s'étaient pas occupés de l'opération du drainage, qui du reste est toute moderne.

La loi du 10 juin 1854 a eu pour objet de faciliter le développement de cette importante amélioration agricole. En voici le texte :

*Loi sur le libre écoulement des eaux provenant du drainage (10 juin 1854).*

#### ARTICLE 1<sup>er</sup>.

Tout propriétaire qui veut assainir son fonds par le drainage ou un autre mode d'assèchement, peut, moyennant une juste et préalable indemnité, en conduire les eaux souterrainement, à ciel ouvert, à travers les propriétés qui séparent ce fonds d'un cours d'eau ou de toute autre voie d'écoulement.

Sont exceptés de cette servitude, les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenant aux habitations.

#### ART. 2.

Les propriétaires de fonds voisins ou traversés ont la faculté de se servir des travaux faits en vertu de l'article précédent, pour l'écoulement des eaux de leurs fonds.

Ils supportent dans ce cas, : 1<sup>o</sup> une part proportionnelle dans la valeur des travaux dont ils profitent ; 2<sup>o</sup> les dépenses résultant des modifications que l'exercice de cette faculté peut rendre nécessaires ; et 3<sup>o</sup> pour l'avenir, une part contributive dans l'entretien des travaux devenus communs.

#### ART. 3.

Les associations de propriétaires qui veulent, au moyen de travaux d'ensemble, assainir leurs héritages par le drainage ou tout autre mode d'assèchement, jouissent des droits et supportent les obligations qui résultent des articles précédents. Ces associations peuvent, sur leur demande, être constituées, par arrêtés préfectoraux, en syndicats auxquels sont applicables les articles 3 et 4 de la loi de 14 floréal an XI.

#### ART. 4.

Les travaux que voudraient exécuter les associations syndicales, les communes ou les départements, pour faciliter le drainage ou tout autre mode d'assèchement, peuvent être déclarés d'utilité publique par décret rendu en Conseil d'Etat. Le règlement des indemnités dues pour expropriation est fait conformément aux paragraphes 2 et suivants de l'article 16 de la loi du 21 mai 1836.

#### ART. 5.

Les contestations auxquelles peuvent donner lieu l'établissement et l'exercice de la servitude, la fixation du parcours des eaux, l'exécution des travaux de drainage ou d'assèchement, les indemnités et les frais d'entretien, sont portés en premier ressort devant le juge de paix du canton, qui, en prononçant, doit concilier les intérêts de l'opération avec le respect dû à la propriété.

S'il y a lieu à expertise, il ne pourra être nommé qu'un seul expert.

#### ART. 6.

La destruction totale ou partielle des conduits d'eau ou fossés évacuateurs est punie des peines portées à l'article 456 du Code pénal.

Tout obstacle apporté volontairement au libre écoulement des eaux est puni des peines portées par l'article 457 du même Code.

L'article 463 du Code pénal peut être appliqué.

Il n'est aucunement dérogé aux lois qui réglementent la police des eaux.

# DEUXIÈME SECTION

# EAUX UTILES

---

## CHAPITRE PREMIER

### IRRIGATIONS

#### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

**Historique.** — L'importance agricole des arrosages ou irrigations est reconnue depuis une haute antiquité.

Les pays de l'extrême Orient, la Chine, le Japon et la Perse, doivent leur grande fertilité à leurs irrigations dont l'histoire a été faite par M. Jaubert de Passa.

L'histoire nous apprend comment l'Égypte est fécondée chaque année par les eaux du Nil, qui se répandent sur d'immenses surfaces.

On trouve dans l'Italie des vestiges d'anciens aqueducs d'irrigation. Les canaux d'irrigation de l'Espagne remontent aux premiers siècles de notre ère et ont été perfectionnés par les Maures qui ont fait preuve d'une grande habileté dans l'établissement des travaux de ce genre.

Dans les pays méridionaux dont nous venons de parler, c'est seulement avec le concours des irrigations que l'on peut assurer le succès des cultures d'été. Il n'est donc pas étonnant que l'agriculture se soit ingénierie, dès les premiers âges, à trouver les moyens de se procurer de l'eau.

Dans nos climats septentrionaux, dans le nord de la France, par exemple, l'humidité naturelle du sol est suffisante pour la plupart des cultures. Le besoin des arrosages ne s'est fait sentir qu'avec les progrès agricoles réalisés dans les temps modernes.

Dans le Midi, l'irrigation est une nécessité, dans le Nord, elle n'est qu'un perfectionnement.

**Action des eaux d'irrigation.** — On peut considérer l'action des eaux d'irrigation sous trois aspects différents :

- 1° Ces eaux fournissent au sol l'humidité nécessaire à toute végétation.
- 2° Elles lui abandonnent de plus, en partie ou en totalité, les substances mi-

nérales qu'elles tiennent en dissolution ; et à ce titre, les eaux d'irrigation jouent le rôle d'amendement ou d'engrais, tandis que, si elles étaient chimiquement pures, elles ne feraient que donner au sol l'humidité qui lui manque ;

3<sup>e</sup> Enfin, les eaux d'irrigation agissent par les matières solides qu'elles tiennent en suspension et qu'elles déposent sur le sol lorsque leur vitesse se ralentit. Ces dépôts transforment en terre fertile le sol le plus aride ; ce sont eux qui font la richesse de nos grandes vallées. Lorsque les eaux agissent par des dépôts de ce genre, elles déterminent ce qu'on appelle un colmatage ; nous étudierons les colmatages au chapitre suivant, et nous considérerons dans celui-ci les irrigations proprement dites.

1<sup>e</sup> Action de l'humidité. — Tout le monde sait qu'une certaine proportion d'humidité est indispensable à la végétation. Une terre pulvérisée et mélangée des engrais les plus riches ne produira rien si on ne lui ajoute une certaine quantité d'eau.

L'eau est le véhicule par lequel les substances organiques et minérales passent du sol dans les végétaux ; ce sont les radicelles qui les absorbent.

La végétation entraîne une énorme consommation d'eau, et cette consommation est d'autant plus grande que le sol est moins riche en engrais assimilables.

Quelle est la quantité d'humidité à donner au sol sous les divers climats et pour les diverses cultures ? Il est impossible de répondre nettement à la question ainsi posée. La quantité indispensable d'humidité dépend beaucoup de la nature du sol ; c'est un minimum qu'il faut surtout considérer, car l'excès d'eau n'est généralement pas nuisible du moment que cette eau ne reste jamais stagnante.

2<sup>e</sup> Action chimique des eaux. — Si l'action des eaux comme source d'humidité est indépendante des substances qu'elles tiennent en dissolution, il n'en est point de même de leur action chimique.

La quantité de matière fertilisante déposée dans le sol par les eaux qui le parcourent est essentiellement variable avec leur composition chimique.

En réalité, une eau d'irrigation joue toujours un double rôle : elle apporte de l'humidité, d'une part, et, d'autre part, elle constitue un engrais.

Si bien qu'en employant une grande quantité d'eau on peut fixer dans le sol assez de matières fertilisantes pour être dispensé de l'emploi des engrais ordinaires.

C'est M. l'ingénieur en chef Hervé-Mangon, membre de l'Institut, qui, par de longues et délicates expériences, mis nettement en lumière les propriétés des eaux d'irrigation.

**Expériences de M. Hervé-Mangon<sup>1</sup>.** — Pour se rendre compte de l'action des eaux d'irrigation, M. Mangon a fait porter ses expériences sur deux champs placés aux deux climats extrêmes de la France, dans le département de Vaucluse et dans les Vosges. Il a mesuré exactement les volumes d'eau employés à l'irrigation, il a analysé l'eau à l'entrée et à la sortie de manière à calculer la somme des substances enlevées ou laissées au sol ; il a, de plus, pesé les récoltes obtenues et les engrais employés. De la sorte, il a pu établir une balance exacte entre la production et la consommation.

<sup>1</sup> *Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations sous différents climats et sur la proportion des limons charriés par les cours d'eau*, par M. Hervé-Mangon, membre de l'Institut, 2<sup>e</sup> édit., 1869 ; 1 vol. chez Dunod éditeur.

Voici les résultats résumés de ses remarquables expériences :

1<sup>o</sup> L'azote, contenu dans les eaux à l'état de combinaison, se fixe dans les récoltes comme le fait l'azote des engrais;

2<sup>o</sup> La proportion d'azote ainsi empruntée aux eaux par les plantes est d'environ 30 0/0 du poids d'azote que ces eaux renferment. Le sol ne semble donc pas pouvoir épuiser les eaux au delà d'une certaine proportion.

3<sup>o</sup> Le sol ne paraît point prendre d'azote aux eaux d'irrigation pendant la saison froide quand la température est au-dessous de 7°. L'azote n'est donc assimilé que pendant la saison chaude.

4<sup>o</sup> La lumière a aussi une influence certaine sur la fixation de l'azote, et cette fixation est ralentie pendant la nuit.

5<sup>o</sup> L'acide carbonique est plus abondant dans les eaux à la sortie qu'à l'entrée. — L'oxygène, au contraire, est plus abondant à l'entrée qu'à la sortie. Les eaux d'irrigation déterminent donc dans le sol des phénomènes de combustion lente, semblables à ceux que le drainage produit. Les quantités d'oxygène entrées et sorties par hectare et par saison dans une prairie du Midi étaient respectivement égales à 74 mètres cubes et à 9 mètres cubes, il en résulte une disparition d'oxygène égale à 65 mètres cubes, soit plus de 90 kilogrammes. — Dans l'une des prairies des Vosges, ce chiffre s'est élevé à plus de 7000 kilogrammes.

6<sup>o</sup> Certaines eaux abandonnent plus facilement leur azote que d'autres eaux qui paraissent aussi riches. Ainsi, les eaux de la Sorgue (Vaucluse), aussi riches en azote que celles de la Durance, mais chargées d'acide carbonique, n'abandonnent que 13 0/0 de leur azote tandis que celles de la Durance en abandonnent 30 0/0.

Nous ne pouvons décrire ici les détails d'expérience et les procédés d'analyse inaugurés par M. Mangon; le lecteur les trouvera dans l'ouvrage de ce savant ingénieur.

Les chiffres consignés au tableau suivant résument les résultats :

	PRÄRIE DE TAILLADES (VAUCLUSE).	LUZERNE DE TAILLADES (VAUCLUSE).	HARICOTS DE TAILLADES (VAUCLUSE).	PRÄRIE DE L'ISLE (VAUCLUSE).	PRÄRIE DE SAINT-DIE (VOSGES).	PRÄRIE DE NAREAUPT (VOSGES).
Volume total d'eau versé par hectare et par an. . . . .	16385**	37989**.	5126**.	5402**.	1548661**.	4185722**.
Débit continu correspondant par seconde et par hectare. . . . .	1**.89	4**.39	0**.99	1**.13	68**.57	217**.13
Débit continu par seconde et par hectare, l'hiver. . . . .	*	*	*	*	101.28	312.85
Débit continu par seconde et par hectare, l'été. . . . .	*	*	*	*	33.74	49.35
Azote de l'ammoniaque et de l'acide azotique par litre d'eau d'entrée (moyenne de l'année) en milligrammes. . . . .	1**.383	1**.522	1**.773	1**.580	1**.380	1**.194
Azote de l'ammoniaque et de l'acide azotique par litre d'eau de sortie (moyenne de l'année). . . . .	1.022	1.021	*	1.365	1.247	1.436
Proportion d'azote fixé (moyenne de l'année). . . . .	0.36	0.33	*	0.15	0.10	0.05
Proportion d'azote fixé (moyenne de l'hiver). . . . .	*	*	*	*	0.03	0.015
Proportion d'azote fixé (moyenne de l'été). . . . .	*	*	*	*	0.32	0.30
Poids d'azote pris à l'eau d'irrigation par hectare et par an. . . . .	25**.44	50**.75	9**.09	8**.09	207**.88	261**.11
Poids d'azote du fumier. . . . .	191.88	105.80	87.66	159.72	*	*
Poids d'azote de la récolte. . . . .	184.34	43.54	103.96	165.86	70.86	102.66
Déférence entre l'azote de la récolte et l'azote du fumier et de l'eau combinés. . . . .	+ 39.02	+ 271.28	+ 7.2	+ 18.41	- 125.08	- 135.99
Acide carbonique dissous par litre d'eau d'entrée (moy. de l'année). .	4**.87	4**.30	6**.1	11**.1	1**.4	1**.13
Acide carbonique dissous par litre d'eau de sortie (moy. de l'année). .	5.29	4.80	*	13.6	1.50	1.48
Oxygène dissous par litre d'eau d'entrée (moyenne de l'année). . . . .	4.54	4.80	4.1	5.7	7.60	7.64
Oxygène dissous par litre d'eau de sortie. . . . .	3.78	4.20	*	1.7	7.10	7.22

La prairie, la luzerne et les haricots de Taillades étaient arrosés par les eaux dérivées de la Durance ; la prairie de l'Isle par les eaux de la Sorgue. Ces quatre cultures n'étaient soumises qu'à des arrosages périodiques, ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

Pour les prairies des Vosges, les arrosages sont continus et même plus abondants en hiver qu'en été.

La différence qui saute le plus aux yeux est dans les quantités d'eau employées :

1<sup>o</sup> Dans le Midi, on se contente d'environ 1 litre par hectare et par seconde.

2<sup>o</sup> Dans les Vosges, le volume des eaux correspond, pour une prairie, à un débit continu de plus de 200 litres à la seconde.

Mais, en revanche, les cultures du Midi absorbent beaucoup de fumier ; les prairies des Vosges n'en reçoivent pas, et puisent dans les eaux tous les éléments nutritifs dont elles ont besoin.

**L'eau d'irrigation est un engrais.** — L'eau d'irrigation est un engrais, en ce sens qu'elle tient toujours en dissolution des gaz et des substances minérales dont elle abandonne à la terre une certaine proportion.

Mais si le volume d'eau employé est trop faible, 1 litre par seconde, par exemple, la quantité d'engrais qu'il abandonne au sol est insignifiante ; de plus, comme la présence de l'humidité donne lieu à une végétation plus active, il faut fumer la terre à plus haute dose que si elle n'était pas irriguée. C'est ainsi que s'expliquent les faits signalés par M. Nadault de Buffon : il n'a pas tort de dire que, dans les irrigations à faible consommation d'eau, la consommation de fumier est considérable.

A mesure que le volume employé augmente, la quantité d'engrais que l'eau porte avec elle vient en déduction de celle qu'il fallait demander au fumier ; il arrive un moment où l'eau suffit à compenser les pertes du sol ; le fumier devient alors inutile.

C'est ainsi que s'explique la fertilité des prairies des Vosges et de Normandie, qui donnent chaque année d'abondantes récoltes, bien qu'elles ne reçoivent pas de fumier.

**Distinction entre les arrosages simples et les irrigations fertilisantes.** — Une eau étant donnée, elle produira sur les cultures un effet d'arrosage simple ou d'irrigation fertilisante, suivant la dose à laquelle on l'emploiera.

Employée à faible volume, elle ne fait que porter à la terre l'humidité nécessaire à la végétation, et elle ne diminue pas la consommation du fumier ; elle l'augmente même par rapport aux champs voisins, puisqu'elle engendre une végétation plus active.

A mesure qu'augmente le volume employé, l'influence de l'eau comme engrais se fait sentir, et l'on peut recourir à des quantités de fumier décroissantes.

Il arrive un moment où le volume d'eau suffit à lui seul à compenser les pertes du sol. Le fumier devient alors inutile.

Quand cette proportion est atteinte, ce serait du gaspillage que de forcer encore le volume, puisqu'on donnerait à la terre plus d'engrais qu'elle n'en réclame. Mieux vaut répartir l'excès sur les champs voisins.

**Quantité d'eau à employer.** — Il y a donc une chaîne interrompue entre l'arrosage simple et l'irrigation fertilisante.

Tout dépend du volume d'eau qu'on emploie, et on ne saurait le préciser

d'avance : il faut demander au fumier le complément de l'engrais que l'eau ne fournit pas, et ce complément peut varier de la totalité à zéro.

Connaissant, d'une part, la composition chimique et le volume des eaux employées ; connaissant, notamment, leur teneur en azote et en acide phosphorique, ainsi que la proportion de ces matières que les eaux abandonnent au sol ; connaissant, d'autre part, le poids et la composition chimique de la récolte (Voir, à ce sujet, les tableaux que nous avons donnés en culture rationnelle), il sera facile d'établir une balance entre l'apport et l'enlèvement, et de déterminer la proportion de fumier qu'il convient d'employer dans chaque cas, concurremment avec les eaux d'irrigation.

Dans les climats chauds, où sans eau on ne récolte rien, il est évident qu'on a avantage à répartir les eaux sur la plus grande surface possible ; dans les pays du Nord, il peut y avoir avantage, au contraire, à concentrer l'emploi des eaux sur une surface restreinte, afin d'économiser les engrais.

Bien que l'expérience en ces matières soit un guide précieux et tende à corriger les défauts des systèmes en usage, il n'en est pas moins vrai que bien des pratiques vicieuses existent encore en matière d'irrigation, pratiques que des recherches scientifiques, faites pendant longtemps et avec soin, pourraient sans doute faire disparaître.

**Qualités des eaux de colature.** — Les eaux de colature sont celles que l'on recueille pour les employer à nouveau après qu'elles ont déjà servi à l'irrigation des terres.

En général, les eaux de colature ne valent plus rien comme engrais, puisqu'elles ont abandonné au sol qu'elles quittent la proportion disponible des matières fertilisantes qu'elles contenaient.

Mais, lorsqu'elles voyagent quelque temps dans de nouveaux canaux, elles perdent de l'acide carbonique et reprennent de l'oxygène ; elles recueillent aussi dans leur route de nouvelles substances organiques. Elles peuvent arriver en somme à récupérer à peu près leur qualités premières.

Il y a même des cas où les eaux de colature sont meilleures que les eaux premières ; ainsi, les eaux provenant de la fonte des neiges des montagnes et dérivées d'un lac, sont trop pures et trop peu aérées pour produire bon effet tout d'abord, mais, après avoir servi une première fois à l'irrigation, elles se sont chargées en courant sur le sol d'air et de substances minérales et organiques ; quelquefois même elles se sont réchauffées. Il arrive alors qu'elles sont devenues beaucoup plus efficaces.

On ne peut donc présenter à ce sujet des conclusions absolues : ces conclusions dépendent des circonstances.

**Des eaux nuisibles en irrigation.** — Il est bien rare que l'on rencontre des eaux d'irrigation nuisibles. Elles peuvent être peu chargées de principes fertilisants, mais elles agissent toujours par leur humidité, et, sous ce rapport, une eau, même chimiquement pure, serait encore très-utile dans les pays chauds.

Toutes les eaux provenant des rivières qui traversent des pays cultivés sont bonnes ; celles qui sont poissonneuses ne peuvent être plus mauvaises pour la végétation qu'elles ne le sont pour la vie animale. Tout ruisseau, dont les bords sont marqués par une herbe verte et touffue, ne peut donner que de bonnes eaux d'irrigation.

Il y a des eaux acides qui sont mauvaises ; ce sont celles qui s'échappent des tourbières ou des bois, notamment des bois de chêne, parce qu'elles sont

chargées d'acide tannique. Les eaux acides ne sont pas favorables à la végétation.

Les eaux chargées de sulfate de fer sont très-mauvaises pour les prairies ; cependant ces eaux pourront donner de bons résultats sur un sol calcaire.

Pour un sol donné, les meilleures eaux sont celles qui proviennent d'un sol différent : sur un sol calcaire, les eaux provenant des granites ou des argiles apporteront les alcalis qui manquent : sur un sol argileux, des eaux calcaires produiront bon effet.

**Combinaison du drainage et de l'irrigation.** — Ainsi que l'a fait remarquer M. l'inspecteur général Belgrand, membre de l'Institut, dans ses *Études hydrologiques sur le bassin de la Seine*, il est des cas où le drainage et l'irrigation combinés sont favorables à la culture.

Le drainage ne convient pas aux prairies des terrains imperméables, puisqu'il aurait pour effet de donner à ces terrains les qualités des terrains perméables, et d'y rendre impossible par conséquent l'existence des prairies naturelles.

Mais le drainage est bon pour les prairies des vallées tourbeuses et perméables, vallées à faible pente dans lesquelles on trouve souvent à droite et à gauche des parties marécageuses plus basses que le lit du cours d'eau.

Dès que ces prairies sont drainées, les lèches et les mauvaises herbes disparaissent ; seulement, il faut donner à la végétation l'humidité nécessaire, en complétant le drainage par un système d'irrigation souvent assez facile à établir.

M. Belgrand signale d'excellents résultats obtenus par ce procédé.

**Étendue des irrigations en France.** — L'étendue des terrains régulièrement arrosés ne paraît pas devoir être évaluée à plus de 100 000 hectares pour la France entière.

« La surface totale des terrains régulièrement arrosés, dit M. Mangon, utilise à peine le vingtième des eaux disponibles et représente une fraction insignifiante des prairies naturelles de notre pays.

A l'exception de la Durance, assez bien utilisée dès à présent, tous nos grands cours d'eau ne fournissent, pour ainsi dire, rien à l'agriculture. Le Rhône coule inutile au milieu des plaines desséchées du Midi, la Seine, la Loire, le Rhin, etc., n'alimentent aucune irrigation importante et leurs affluents secondaires ne sont guère mieux employés. »

On évalue à 180 milliards de mètres cubes le volume total des eaux versé chaque année à la mer par tous les fleuves de France, grands et petits.

On a trouvé dans la Seine, à Paris, 0<sup>er</sup>,17 d'ammoniaque par mètre cube (Poggiale) ; dans le Rhin, on en a trouvé en juin 1853 0<sup>er</sup>,48 et en octobre, 0<sup>er</sup>,17. L'eau de pluie, d'après Boussingault, renferme 0<sup>er</sup>,79 d'ammoniaque par mètre cube.

Par mètre cube, on a trouvé dans la Seine, à Bercy 14 grammes d'azotates, on en a trouvé 8 grammes dans le Doubs et dans le Rhône et 4 grammes seulement dans le Rhin à Strasbourg.

On est donc fondé à dire que nos fleuves entraînent à la mer, chaque année, plus de 30,000 tonnes d'ammoniaque, et 15,000,000 tonnes d'azotates solubles.

En se reportant à nos tableaux de culture, on reconnaît que cela représente la fécondité pour bien des milliers d'hectares.

Il y a donc un champ indéfini ouvert aux grands travaux d'irrigation.

**Méthodes diverses d'irrigation.** — Il existe plusieurs méthodes d'irrigation qui, d'un pays à l'autre, se différencient par des détails.

1<sup>o</sup> La méthode la plus simple est l'irrigation irrégulière, dans laquelle les eaux dérivées circulent dans des canaux et rigoles placés sur toutes les lieux

de faite du terrain ; ces canaux sont barrés de distance en distance et les eaux se déversent à droite et à gauche ; elles courent en mille filets à la surface du sol, et se réunissent dans les thalwegs, où se trouvent les canaux et rigoles de colature ou d'égouttement.

2<sup>o</sup> Le système d'irrigation par ados est peut être le plus usité. — La terre à arroser est disposée en planches inclinées, de telle sorte que la surface ressemble à une série de toits à deux égouts ou de billons juxtaposés. — Sur le faîte de chaque toiture est une rigole d'alimentation qui déverse ses eaux à droite et à gauche ; celles-ci, après avoir produit leur effet, trouvent au pied des versants les rigoles d'égouttement. — L'irrigation par épis de blé est une variété du système des ados.

3<sup>o</sup> Le système d'irrigation par submersion convient aux terrains plats et à certaines cultures. Le sol est divisé en bassins rectangulaires limités à des bourrelets en terre ; on admet périodiquement dans les bassins une couche d'eau d'une certaine épaisseur qu'on renouvelle de temps en temps ou qui se renouvelle d'une manière continue.

4<sup>o</sup> La méthode d'irrigation par rigoles de niveau convient aux terrains inclinés. — Les eaux sont dérivées dans des rigoles placées à fleur de coteau suivant les lignes de niveau ; elles se déversent à l'aval et se répandent en nappe sur une bande plus ou moins large. — L'excès de liquide est recueilli soit par la rigole de niveau inférieure, soit par des colatures établies suivant les lignes de plus grande pente.

Autant l'eau courante est favorable à la végétation, autant l'eau stagnante lui est funeste. Le principe d'une irrigation bien combinée est donc que l'eau doit arriver partout en égale quantité et ne séjournner nulle part.

Nous n'avons fait qu'énumérer les diverses méthodes d'irrigation ; elles seront décrites en détail dans les exemples qui vont suivre.

Ces exemples sont rangés en deux grandes classes :

1<sup>o</sup> Irrigations fertilisantes, ou à grande consommation d'eau, en usage dans les pays du Nord ;

2<sup>o</sup> Arrosages simples, ou irrigations à faible consommation d'eau, en usage dans les pays du Midi.

## I

## IRRIGATIONS FERTILISANTES A GRANDE CONSOMMATION D'EAU PRATIQUÉES DANS LES CLIMATS DU NORD

### 1. Irrigations de Normandie

#### PRAIRIES IRRIGUÉES DES ENVIRONS DE BERNAY. — 1<sup>er</sup> EXEMPLE.

Les irrigations se présentent sous une forme très-intéressante dans certaines parties de la Normandie, notamment dans le département de l'Eure, aux environs de Bernay.

La planche XVI représente une grande prairie située immédiatement à l'aval de Bernay, et arrosée par les eaux de la Charentonne, rivière qui se réunit à la Rille à Serquigny. Les sources de la Charentonne se trouvent sur la formation géologique imperméable qui porte le nom d'argiles et meulières de Satory.

Cette rivière traverse ensuite des plateaux argilo-caillouteux appartenant au bassin d'Eure; les argiles imperméables de ces plateaux sont drainées par la formation crayeuse qu'elles recouvrent; aussi ne conservent-elles que peu d'humidité. Néanmoins, l'influence de la partie supérieure du bassin se fait sentir lors des crues et donne lieu à des eaux troubles et limoneuses.

La Charentonne coule dans une vallée à versants fortement inclinés, et cette vallée a une largeur de quelques centaines de mètres avec une profondeur de 35 à 40 mètres.

Au fond de la vallée d'érosion apparaissent le grès vert et le gault, sables et argiles imperméables, appartenant au terrain crétacé.

Le sol imperméable de la vallée de la Charentonne est, comme nous le savons, éminemment propre à la culture des prairies naturelles, et la vigueur de cette végétation y est encore accrue par d'abondantes irrigations.

Le type le plus remarquable est celui de la prairie que représente la planche XVI; cette prairie appartient à un seul propriétaire. Elle est sillonnée par une multitude de rigoles qui s'appellent les unes les rigoles porteuses ou simplement les porteurs, et les autres les rigoles d'égout ou simplement les égouts.

Les porteurs reçoivent les eaux d'irrigation et les répandent par déversement sur les parties de la prairie qui les bordent latéralement; les porteurs se trouvent donc sur toutes les lignes de faîte, au sommet des ados naturels ou artificiels.

Les égouts recueillent les eaux après qu'elles ont parcouru la prairie et l'ont fécondée en lui abandonnant leurs principes fertilisants.

On trouve les égouts dans tous les thalwegs.

Les porteurs sont les artères de la prairie ;

Les égouts en sont les veines.

Les rigoles de chaque nature se réunissent dans des fossés ou canaux principaux qui se rejoignent en un tronc commun.

C'est absolument l'image de la circulation animale, et le mécanisme de la nutrition est le même.

Les porteurs sont marqués sur le plan par une teinte foncée et les égouts par une teinte claire; en effet, les eaux troubles ou impures circulent dans les porteurs; les eaux clarifiées sont recueillies par les égouts.

En descendant vers l'aval, une rigole d'égout peut se transformer en porteur à cause de la disposition des lieux; les eaux se trouvent ainsi reprises et servent plusieurs fois avant de retourner épuisées à la rivière.

Si le lecteur veut suivre attentivement sur le plan, nous allons le parcourir avec lui de l'amont à l'aval.

La prairie, d'une contenance totale d'environ 18 hectares, est limitée au nord par le bras supérieur de la Charentonne, et au sud par le bras inférieur; à l'est et à l'ouest, ces deux bras sont réunis par des canaux de décharge faisant suite aux vannages régulateurs de deux usines; du côté d'amont, à l'ouest, est une filature; du côté d'aval, à l'est, est le moulin de Saint-Léonard.

Partons de l'amont. La prise d'eau d'irrigation, fermée en tête par une vanne de 1<sup>m</sup>,03 de large sur 1<sup>m</sup>,18 de hauteur, se trouve en A, et le porteur principal AB se bifurque en B; il lance à gauche une branche BD qui se trifurque en D, et chacun des trois canaux qui en résultent alimente un certain nombre de porteurs du dernier ordre; quant à la seconde branche BC, elle se prolonge parallèlement au bras inférieur de la Charentonne; elle le longe en lançant sur sa gauche une série de porteurs dirigés suivant les lignes de faîte du terrain.

On remarquera que le bras inférieur de la Charentonne occupe en réalité le thalweg de la vallée; le bras supérieur a toutes les apparences d'une déviation remontant à une époque reculée, déviation ayant pour but de créer des chutes et de faciliter l'arrosage.

En examinant avec soin les rigoles du dernier ordre, on reconnaîtra que quelques-unes se transforment d'égouts en porteurs et inversement, suivant le relief du sol.

Les parties de la prairie qui longent le bras supérieur de la Charentonne, en face de la filature, sont arrosées par des prises d'eau spéciales, comme le montre le plan.

Quelques rigoles d'égout aboutissent dans le canal de décharge EF, qui prend naissance immédiatement en amont de l'appareil hydraulique de la filature; mais la plupart se réunissent dans le tronc commun GH, qui se prolonge à l'aval par le grand égout HIKL.

La description précédente comprend l'irrigation de la partie de la prairie située en amont de GH. La partie d'aval possède un système distinct et s'alimente dans le bras inférieur de la Charentonne.

Les eaux de ce bras inférieur sont, pendant les heures consacrées aux irrigations, relevées par le barrage de la Pile M, lequel comprend six vannes de chaque 1<sup>m</sup>,05 de largeur.

L'alimentation se fait donc par des eaux prises directement à la rivière, et non par des eaux déjà épuisées qui proviendraient des égouts de la prairie d'amont.

Le barrage M fait refluer les eaux dans deux porteurs principaux; l'un NP,

transversal à la prairie, la coupe perpendiculairement aux deux bras de la Charentonne; il lance sur sa droite des porteurs secondaires, et se retourne d'équerre à son extrémité pour former un nouveau porteur principal PST parallèle au thalweg de la vallée;

L'autre porteur MQR lance à droite et à gauche de nombreuses rigoles secondaires; il se bifurque en R et en U, et les canaux qui s'en détachent vont porter les eaux fertilisantes dans toutes les parties de la prairie.

L'irrigation de la partie située au nord de PST, le long du bras supérieur de la Charentonne, est obtenue directement au moyen de prises d'eau faites dans ce bras supérieur.

Quant au système d'égout, il est suffisamment indiqué par le plan; son tronc principal est la ligne IKL, déjà citée, parallèle aux deux bras de la rivière et à peu près à égale distance de ces deux bras.

Toutes les prises d'eau, toutes les bifurcations importantes, sont munies de vannes que l'on manœuvre successivement; pendant les basses eaux, on ne pourrait gonfler à la fois tous les porteurs, et on comprend qu'il faut procéder méthodiquement.

A côté de toutes les vannes sont inscrites leurs dimensions.

Le plan porte en outre de nombreuses cotes d'altitude qui sont toutes rapportées à un plan de comparaison situé au-dessus du sol, de sorte que les pentes vont des cotes les plus faibles vers les plus fortes.

Le relief de la prairie est, du reste, peint aux yeux par les lignes des porteurs et des égouts, qui constituent un véritable plan coté.

**Augets.** — Il arrive souvent que des rigoles d'irrigation passent soit sur un bras de la rivière, soit sur une rigole d'égout: ce cas se présente en amont du barrage de la Pile; le porteur NP passe au-dessus de l'égout HI.

Le passage se fait au moyen d'un auget en bois supporté par deux culées en maçonnerie ou, plus souvent, par deux petites palées en charpente.

S'il s'agissait d'une traversée importante, de quelques mètres de portée, par exemple, il y aurait avantage à employer un auget en tôle qui dispenserait de tout support intermédiaire.

La figure 4 de la planche XV représente la section transversale d'un de ces augets que nous avons projetés. Il se compose de deux feuilles de tôle verticales de 0<sup>m</sup>,005 d'épaisseur et de 0<sup>m</sup>,50 de hauteur; ces feuilles de tôle sont renforcées haut et bas par des cornières de  $\frac{60}{60}$ , et le fond est formé d'une feuille de tôle ayant également 0<sup>m</sup>,005 d'épaisseur; elle est rivée avec les branches horizontales des cornières inférieures. La largeur libre de l'auget est de 0<sup>m</sup>,40.

Lorsqu'il est plein, il porte donc 200 litres d'eau par mètre courant; il porte en outre 80 kilogrammes de fer. Si on fait le calcul de résistance pour une charge uniformément répartie de 280 kilogrammes par mètre courant, en négligeant la feuille de tôle du fond et en assimilant ce qui reste à une section en double T, on trouve que l'effort maximum pour une portée de 12 mètres atteindra un peu plus de 5 kilogrammes par millimètre carré. Il y a donc toute sécurité, puisque le maximum admis est de 6 kilogrammes.

Si l'on adoptait pour un pareil auget une ligne horizontale lors de la construction, on obtiendrait après la pose un effet des plus disgracieux, car la poutre métallique ainsi constituée prendrait une flèche très-sensible à l'œil. Dans le cas qui nous occupe, on donnera en construction à l'auget une flèche

de 0<sup>m</sup>,02 à 0<sup>m</sup>,03 et on augmentera d'autant sa hauteur, afin d'être assuré d'avoir toujours une section d'écoulement de 0<sup>m</sup>,50 de hauteur.

Les deux joues de l'auge auraient tendance à s'écartier sous la pression latérale de l'eau; on les réunira tous les mètres à leur partie supérieure par de petites bandes de tôle horizontale.

**Frais d'exploitation et produit de ces prairies.** — Les frais d'exploitation d'un hectare de ces prairies baignantes (c'est le terme consacré), comprenant la récolte du foin et du regain, s'établissent comme il suit :

BAIGNAGE . . . .	Un gardien baigneur par 25 hectares de prairies, à 1200 fr. par an, soit pour 1 hectare . . . .	Francs 48
RIGOLAGE . . . .	6 journées d'homme à 3 francs . . . . .	18
FAUCHAISON . . . .	8 journées d'homme à 5 francs . . . . .	40
FÉNAISON . . . .	2 journées d'homme à 3 francs . . . . .	6
—	8 journées de femme à 1 fr. 50 . . . . .	12
BOTTAGE . . . .	8 journées d'homme à 5 francs . . . . .	40
RENTRÉE DES FOINS .	2 journées de cheval et de voiture à 4 fr. . . . .	8
—	2 journées de charretier chargeur à 3 francs . . . . .	6
—	2 journées d'aide-chargeur à 3 francs . . . . .	6
—	2 journées de déchargeur à 3 francs . . . . .	6
—	2 journ. d'enfant pour approcher les bottes à 2 fr. . . . .	4
—	2 journées de tasseur à 3 francs . . . . .	6
Total. . . . .		200

Le chiffre de 200 francs, ainsi établi, se rapporte à une grande exploitation, comme celle de la prairie que nous avons décrite; il serait trop faible s'il s'agissait de propriétés morcelées et éloignées du lieu de résidence de l'exploitant, il faudrait dans ce cas le porter à 260 francs.

Un hectare de prairies baignantes rapporte dans une bonne année 4,000 bottes de foin pesant 2 kilogrammes 1/2.

Le prix des cent bottes peut varier de 20 à 50 francs, suivant le besoin qu'on a des fourrages.

La prairie que nous avons décrite se vendrait de 8,000 à 10,000 francs l'hectare; depuis bon nombre d'années, on peut compter sur un intérêt net de 5 0/0 du capital.

Ces chiffres s'appliquent aux prairies situées immédiatement à l'aval de Bernay; en descendant la vallée, on trouve des prix plus faibles. Nous en dirons tout à l'heure la cause probable.

**Consommation d'eau dans ces irrigations.** — Ce qu'il y a de remarquable dans ces irrigations de la Normandie, c'est l'énorme quantité d'eau qu'on y consomme.

Ce n'est pas, en effet, un simple arrosage : c'est un baignage complet, ainsi que le prouve le nom de prairies baignantes.

La première partie de la prairie, que représente la planche XVI, est desservie par une vanne de 1 mètre carré de section pour une surface de 5 à 6 hectares. Lors des grosses eaux, il se produit au passage de cette vanne des vitesses de 1 mètre à la seconde; c'est donc un débit de 1 mètre cube à la seconde qui se répand sur la surface que nous venons de dire, et la part de chaque hectare atteint plus de 200 litres à la seconde. Nous sommes loin des simples arrosages du Midi à la dose d'un litre par seconde.

Nous allons montrer par d'autres exemples la valeur du volume d'eau em-

ployé aux irrigations de cette partie de la Normandie : en eaux ordinaires, la Risle débite 23 mètres cubes à la seconde ; elle sert à l'irrigation, de 1,467 hectares de prairies ; tout le débit est absorbé par cette irrigation et l'écoulement est interrompu. La part de chaque hectare est donc de près de 16 litres par seconde, et cette part est beaucoup plus considérable lors des crues.

Sur le cours de la Charentonne, 813 hectares sont irrigués : en eaux ordinaires, la consommation est de 4 litres et demi par hectare à la seconde ; en temps de crue, elle peut atteindre 200 litres.

**Les prairies ne reçoivent jamais d'engrais.** — Cette abondante consommation explique pourquoi les prairies qui nous occupent ne reçoivent jamais d'engrais. Les bestiaux ne peuvent jamais y séjourner et on n'y dépose jamais un atome de fumier.

Les matières nutritives nécessaires à la végétation sont en effet fournies par les eaux, qui agissent surtout par effet chimique. Sur ces prairies à sous-sol argileux, un simple arrosage ne servirait pas ; le baignage, tel qu'il est pratiqué, est au contraire éminemment utile, puisqu'il donne chaque année une forte récolte sans dépense d'engrais.

Il n'y a pas de terre dont la fertilité soit inépuisable ; un sol qui donne chaque année d'abondantes moissons exige une nourriture qui répare ses forces.

Cette nourriture, les prairies de la vallée de la Charentonne la puisent dans les eaux qui la recouvrent, et surtout dans les eaux légèrement limoneuses.

Ce qui explique, suivant nous, la grande valeur des prairies situées immédiatement à l'aval de Bernay, c'est précisément leur position. La ville de Bernay, qui compte plusieurs milliers d'habitants, est traversée par plusieurs bras de rivières qui sont les réceptacles de toutes les immondices et des égouts de la ville. A l'aval, les eaux sont donc très-riches en matières organiques, qui profitent surtout aux premières prairies sur lesquelles ces eaux s'épanchent ; à quelques kilomètres plus loin, les eaux rentrées à la rivière sont en partie épuisées, elles sont moins actives, les prairies sont moins riches et moins productives.

C'est un phénomène analogue à celui que depuis longtemps on a signalé pour les prairies arrosées par les eaux qui s'échappent de la ville de Milan.

**Réglementation.** — Sur toutes les rivières de Normandie, les chutes sont utilisées avec soin, il n'en reste guère de disponibles. On rencontre donc partout d'importantes usines qu'on ne peut mettre en chômage à volonté.

Il a fallu établir un juste partage des eaux entre l'agriculture et l'industrie.

A l'agriculture, on a réservé les dimanches et les nuits ; à l'industrie restent les jours.

Il est à remarquer, du reste, que, pendant les basses eaux, les irrigations d'été sont, en somme, plus favorables que nuisibles aux usines ; les eaux, en effet, se répandent pendant la nuit sur les prairies qui se transforment en réservoirs et concourent efficacement à l'alimentation diurne des rivières. L'eau qui, pendant la nuit, se serait rendue à la mer, s'est trouvée ralentie dans sa course et mise en réserve pour les besoins du jour suivant.

Le partage des eaux est réglé par les arrêtés préfectoraux ci-après, établis d'après les bases sommaires que nous venons d'exposer :

Nous, préfet du département de l'Eure,

Vu les arrêtés préfectoraux des 24 avril 1850, 1<sup>er</sup> juin 1854 et 12 juin 1855, qui ont réglé provisoirement les irrigations dans les vallées de la Charentonne et du Ternant;

Vu les pièces de l'enquête ouverte dans les communes intéressées, du 7 au 22 juillet 1856, ensemble le projet de règlement présenté par la Commission instituée par notre arrêté du 1<sup>er</sup> octobre 1856;

Vu le rapport de MM. les Ingénieurs des ponts et chaussées, des 20 et 23 décembre 1856;

Vu les lois des 12 et 20 août 1790 et 6 octobre 1791

### ARRÊTONS .

#### ARTICLE 1<sup>er</sup>.

L'irrigation dans les vallées de la Charentonne et du Ternant sera régie, à partir du 1<sup>er</sup> janvier prochain, conformément aux dispositions suivantes.

#### ART. 2.

La première section, comprenant la rivière de Guel, ou du Ternant, depuis la limite du département de l'Orne jusqu'à son embouchure dans la Charentonne, et la Charentonne depuis la limite de ce même département jusqu'au pont de Broglie, profitera de l'irrigation du 15 mars au 15 juin et du 25 juillet au 15 septembre, du samedi à 7 heures du soir au lundi à 3 heures du matin, et du 1<sup>er</sup> décembre au 15 mars, du samedi à 7 heures du soir au lundi à 5 heures du matin.

#### ART. 3.

La seconde section, commençant au pont de Broglie et s'étendant jusqu'au pont de Boucheville à Bernay, et la troisième section commençant au pont de Boucheville et se terminant à l'embouchure de la Charentonne dans la Risle, profiteront de l'irrigation du 15 mars au 15 juin et du 25 juillet au 15 septembre, du dimanche à 3 heures du matin au lundi à 3 heures du matin, et du 1<sup>er</sup> décembre au 15 mars, du dimanche à 5 heures du matin au lundi à 5 heures du matin.

#### ART. 4.

La seconde section profitera en outre de l'irrigation du mardi soir au mercredi matin, du jeudi soir au vendredi matin, et du vendredi soir au samedi matin, pendant sept heures, savoir : du 15 mars au 15 juin et du 25 juillet au 15 septembre, de 7 heures du soir à 2 heures du matin, et du 1<sup>er</sup> décembre au 15 mars, de 10 heures du soir à 5 heures du matin.

#### ART. 5.

La troisième section profitera en outre de l'irrigation toutes les nuits pendant sept heures, savoir : du 15 mars au 15 juin et du 25 juillet au 15 septembre, de 8 heures du soir à 3 heures du matin, et du 1<sup>er</sup> décembre au 15 mars, de 10 heures du soir à 5 heures du matin.

Néanmoins la partie de la troisième section commençant en aval de l'usine de Saint-Léger et finissant au moulin de Camfleur, ne profitera pas de l'irrigation dans la nuit du mardi au mercredi, ni dans celle du vendredi au samedi.

#### ART. 6.

Pendant les gelées, l'irrigation de nuit sera réduite dans la deuxième et dans la troisième section, à 6 heures. Dès que les prairies seront glacées, l'irrigation devra cesser dans toutes les sections.

## ART. 7.

Dans les trois sections, les vannes de prises d'irrigation pourront encore être ouvertes toutes les fois que, par suite des crues d'eau dites avalaisons, les usiniers seront forcés d'ouvrir leurs vannes de décharge pour maintenir les eaux aux repères régulateurs des retenues.

Dans ces circonstances et lorsque les vannes d'irrigation suffiront pour régler le niveau du bief, les usiniers devront baisser leurs vannes de décharge.

## ART. 8.

En aucun temps et dans aucune circonstance, les usiniers ne pourront lever leurs vannes de décharge de façon à faire baisser l'eau d'une manière sensible au-dessous des repères de leurs usines. Il leur est interdit de transmettre l'eau d'une manière irrégulière, par leur fait aux usines inférieures.

## ART. 9.

Les propriétaires ou locataires de prairies ou d'usines, pour s'affranchir des poursuites directes qui pourraient être intentées contre eux à raison des contraventions, et sauf la responsabilité civile qui leur incombe, devront faire déclaration par écrit, au garde-rivière, des nom et demeure des préposés chargés de l'irrigation et du soin de leurs prairies ou de la marche de leurs usines. Le garde-rivière donnera un récépissé de cette déclaration.

## ART. 10.

Il pourra être fait des règlements particuliers, pour les propriétés ou les fractions de la rivière qui se trouveront dans des conditions spéciales.

## ART. 11.

Les règlements administratifs relatifs à la police des rivières sont maintenus en tant qu'ils ne sont pas contraires aux dispositions du présent règlement.

## ART. 12.

Pour l'exécution du présent règlement et des règlements auxquels il n'est pas dérogé, la surveillance sera exercée concurremment par les gardes-rivières, les commissaires de police des cantons de Broglie et de Bernay et les agents sous leurs ordres, et les conducteurs et agents des ponts et chaussées.

## ART. 13.

Expédition du présent sera adressée à M. le sous-préfet de Bernay, chargé d'en faire la notification au syndicat institué par l'arrêté préfectoral du 23 novembre 1855, et d'y faire donner immédiatement la plus grande publicité dans toutes les communes intéressées.

Les articles 3, 4 et 5 de cet arrêté du 27 décembre 1856, ont été modifiés par un autre arrêté préfectoral du 19 septembre 1868 ainsi conçu :

ARTICLE 1<sup>er</sup>.

Les articles 3, 4 et 5 de l'arrêté préfectoral du 27 décembre 1856 portant règlement d'irrigation des rivières de Charentonne et du Ternant sont modifiés ainsi qu'il suit.

## ART. 2.

Les propriétaires de prairies de la 3<sup>e</sup> section auront la faculté de profiter du baignage, accordé par les articles 3 et 5 de l'arrêté de 1856, jusqu'à la coupe et aussitôt l'enlèvement des herbes, pourvu que ce baignage ne nuise point aux récoltes des prairies voisines.

## ART. 3.

Les propriétaires de prairies de la 2<sup>e</sup> section auront droit, comme les propriétaires de prairies de la 3<sup>e</sup>, de baigner toutes les nuits, moins toutefois, pour la 2<sup>e</sup> section, dans la nuit du dimanche, à partir de 5 heures du soir.

PRAIRIES IRRIGUÉES DES ENVIRONS DE BERNAY. — 2<sup>e</sup> EXEMPLE.

Le premier exemple que nous avons donné des prairies baignantes des environs de Bernay (Eure) comprenait une vaste étendue sur laquelle les canaux porteurs et les égouts étaient dirigés d'une manière irrégulière suivant le relief du terrain. Lorsqu'il s'agit d'irriguer une prairie plane, on est forcé de recourir à un autre système; on exécute des terrassements réguliers et la surface est disposée en ados ou billons; au sommet des ados se trouvent les porteurs; dans les thalwegs se trouvent les égouts.

L'eau qui pénètre dans les porteurs se déverse à droite et à gauche sur les plans inclinés de l'ados; elle circule dans les herbes, s'y dépouille de ses principes nutritifs et se rend aux égouts, qui la reconduisent à la rivière.

Les figures 1 à 3 de la planche XV représentent un type d'irrigation par ados s'appliquant à une prairie de 1 hectare 43 ares.

En haut de la prairie est la rivière qui se trouve en contre-bas et qui reçoit normalement le fossé d'égout principal.

Au bas du plan est le canal de prise d'eau; c'est une dérivation de la rivière faite à une certaine distance à l'amont de la prairie, de manière à créer une dénivellation suffisante.

Avant d'arriver à la prairie qui nous occupe, le canal de prise d'eau passe au moyen d'un auget sur un autre fossé d'irrigation.

Les cotes de nivellation sont prises par rapport à un plan supérieur de comparaison, de sorte que les pentes vont de la cote la plus faible à la cote la plus forte.

Le porteur principal est une rigole ABC, dont la largeur au plafond est à l'origine de 1<sup>m</sup>,00 et se réduit à 0<sup>m</sup>,40 à l'extrémité aval; le talus de chaque côté est de 0<sup>m</sup>,20 avec une profondeur de 0<sup>m</sup>,50. Une vanne de tête permet d'interrompre l'irrigation: sur le canal de prise d'eau est une vanne de barrage qui sert à faire gonfler les eaux jusqu'à la hauteur voulue. Le porteur principal est muni sur sa longueur de deux autres vannes B et C, ce qui permet d'arroser successivement les trois sections de la prairie en gonflant les eaux à l'amont de chaque vanne, lorsque le débit n'est pas suffisant.

Les profils en travers montrent les dispositions adoptées pour les ados, ainsi que pour les porteurs et égouts du dernier ordre.

Les petits porteurs ont à l'origine 0<sup>m</sup>,30 de profondeur sur 0<sup>m</sup>,30 de largeur; à l'extrémité aval, ils n'ont plus que 0<sup>m</sup>,20 sur 0<sup>m</sup>,20.

Les petits égouts ont à l'origine 0<sup>m</sup>,15 de largeur sur 0<sup>m</sup>,15 de profondeur; à l'extrémité aval, leurs dimensions sont 0<sup>m</sup>,25 de largeur et 0<sup>m</sup>,25 de profondeur.

Les égouts collecteurs ont à l'origine 0<sup>m</sup>,25 sur 0<sup>m</sup>,25, et à leur embouchure 0<sup>m</sup>,40 sur 0<sup>m</sup>,40.

Le prix des terrassements par hectare d'une prairie ainsi disposée s'élève de 250 à 300 fr.

## 2° Irrigations de la Campine belge

La Campine belge est une vaste plaine, sillonnée par de nombreux ruisseaux, d'une étendue d'environ 500,000 hectares, comprise entre la Meuse et l'Escaut, bornée au nord par la frontière hollandaise, au midi par la Dyle et le Demer, et comprenant une notable portion des provinces d'Anvers et du Limbourg.

Ce territoire était autrefois couvert de landes et de forêts; en 1848, il y en avait encore plus de la moitié qui consistait en bruyères improductives ou en marais tourbeux appartenant aux communes.

Le sol se compose d'un sable quartzeux, reposant sur un sous-sol d'argile imperméable, ou de tuf ferrugineux et recouvert d'une couche d'humus d'épaisseur variable.

Vers 1848, le gouvernement belge entreprit d'assainir et de fertiliser ce territoire.

Il y arriva en créant le canal de la Campine, grande artère entre la Meuse et l'Escaut; c'est un canal de 56 kilomètres de longueur, d'une section de 10 mètres au plafond, avec écluses de 5<sup>m</sup>,50 de large et d'une profondeur de 1<sup>m</sup>,65. La dépense totale s'est élevée à 5 millions et demi dont le quart environ, payable par annuités, a été mis à la charge des riverains.

En 1847 intervint la loi sur les défrichements, qui consacra le principe de l'expropriation des bruyères communales pour cause d'utilité publique, et donna au gouvernement les pouvoirs nécessaires pour poursuivre la grande œuvre d'amélioration agricole qu'il avait entreprise.

L'Etat commença par faire exécuter lui-même, sur 350 hectares de ces bruyères communales, tous les travaux préparatoires à l'irrigation, tels que rigoles d'alimentation et de colature, chemins d'exploitation, barrages, prises d'eau, ponts. Les parties ainsi préparées furent vendues au profit des communes, et les acquéreurs s'engageaient, 1<sup>o</sup> à rembourser les avances de l'Etat, 2<sup>o</sup> à exécuter la distribution intérieure et à pratiquer l'irrigation dans un délai déterminé.

L'exemple ainsi donné imprima une rapide impulsion à l'œuvre du défrichement et de la mise en valeur des bruyères, et bientôt les demandes de concession d'eau affluèrent de toutes parts. La Campine est aujourd'hui transformée.

Dans un ouvrage publié en 1856 et intitulé *Traité pratique de l'irrigation des prairies*, M. Keelhoff, ingénieur chargé du service des irrigations de la Campine, a donné sur cette matière des renseignements très-complets et très-intéressants. Nous signalerons ici les points principaux de son ouvrage.

M. Keelhoff divise les travaux proprement dits de l'irrigation en travaux préparatoires et travaux intérieurs.

Les travaux préparatoires comprennent les rigoles d'alimentation principales et secondaires, celles de colature et d'écoulement, les ouvrages complémentaires, tels que prises d'eau, barrages, chutes, etc.

Les travaux intérieurs comprennent le système de distribution et d'écoulement des eaux dans les parcelles cultivées.

**Travaux préparatoires.** — **1<sup>o</sup> Rigoles d'alimentation.** — Ces rigoles prennent l'eau dans le canal principal pour la répartir sur toute une zone de prairies.

Les rigoles principales sont dirigées suivant la pente générale du terrain, et les rigoles secondaires qui s'en détachent suivent les parties culminantes du terrain ; s'il s'agit d'une surface plane, les rigoles secondaires sont perpendiculaires aux rigoles principales.

Les rigoles principales ont une section décroissante à partir de la prise d'eau ; pour les rigoles secondaires, où la question d'économie est peu sensible, on adopte des sections constantes sur toute la longueur.

Le plan d'eau dans les rigoles doit être au-dessus du terrain à arroser, ce qui conduit quelquefois à les établir en remblai, chose à éviter autant que possible ; cependant, il vaut mieux recourir à des remblais que de ne pas assurer l'arrosage de la surface entière.

Lorsque le plan d'eau des rigoles est à 0<sup>m</sup>,25 ou 0<sup>m</sup>,30 au-dessus du sol à arroser, c'est une hauteur suffisante.

La pente des rigoles doit être assez forte pour que l'eau conserve les troubles qu'elle tenait en suspension, sans cependant attaquer les berges ; il faut à ce sujet prendre comme bases du projet les pentes des cours d'eau de la contrée.

Dans les terrains sablonneux de la Campine, M. Keelhoff a donné aux rigoles des pentes variant de 0<sup>m</sup>,0003 à 0<sup>m</sup>,0015, et l'expérience a montré que c'était là des limites convenables.

Pour les rigoles secondaires, il faut une hauteur d'eau de 0<sup>m</sup>,50 au moins afin d'assurer l'alimentation des rigoles de distribution, et, quand la surface à alimenter dépasse 50 hectares, la hauteur de l'eau doit atteindre 0<sup>m</sup>,75.

La section des rigoles est calculée par les formules ordinaires que nous avons précédemment exposées.

Dans la Campine, les talus à 1 1/2 et même à 2 de base pour 1 de hauteur n'ont pu tenir par eux mêmes ; il a fallu les revêtir d'un gazonnement à plat. Il convient donc de prévoir des talus à 1 1/2 avec gazonnement.

Les digues des rigoles en déblai n'ont pu résister aux infiltrations qu'en leur donnant une largeur de 1 mètre en couronne. La figure 5 planche XV représente le profil d'une rigole.

En ce qui touche le profil en long des rigoles principales, il est bon que leur ligne d'eau à l'origine soit au-dessous du seuil du barrage de prise d'eau, afin qu'on puisse exécuter facilement des jaugeages. De plus, comme le couronnement des digues des rigoles reste dans un plan horizontal, on doit établir des chutes toutes les fois que la hauteur du remblai devient trop considérable.

**2<sup>o</sup> Rigoles de colature et d'écoulement.** — On donne le nom de rigoles de colature ou de colateurs aux rigoles qui recueillent l'eau ayant servi à une première irrigation, et la conduisent en un point où cette eau sert à une seconde irrigation. M. Keelhoff conserve le nom de rigoles d'écoulement à celles qui recueillent les eaux devenues inutiles pour les conduire au canal principal d'écoulement.

Avec les colateurs, on arrive en Italie à ne pas laisser perdre une seule goutte

d'eau ; les eaux ainsi reprises ne produisent plus guère qu'un effet d'arrosage, effet précieux sans doute, mais elles sont en grande partie dépouillées de leurs principes fertilisants.

La section d'un colateur doit être suffisante pour recevoir toutes les eaux d'irrigation ainsi que les eaux de pluie ; en Campine, on adopte pour les canaux d'écoulement une section égale à celle des canaux d'irrigation correspondants augmentée d'un cinquième.

Le plan d'eau des colateurs doit toujours être à quelques centimètres en contre-bas du plafond des rigoles qui y débouchent. Un assainissement parfait est, en effet, le corollaire obligé d'une bonne irrigation.

D'après ce principe, il faut donner aux colateurs la plus grande pente possible, sans cependant atteindre la limite où les talus seraient attaqués.

**Travaux intérieurs.** — Les travaux intérieurs ont pour but de préparer la surface du sol de telle sorte que l'eau puisse y être uniformément répartie, et puisse, en outre, s'écouler rapidement dès qu'elle a produit son effet.

Divers systèmes sont employés pour atteindre ce but ; on a le plus souvent recours soit à l'irrigation par ados, soit à l'irrigation par submersion ; mais, lorsque le terrain présente des pentes prononcées, on établit une irrigation par rigoles de niveau, ou une irrigation en épi de blé, ou encore une irrigation par demi-planches superposées.

**1<sup>o</sup> Irrigation par ados.** — Un terrain divisé par ados est celui dont la surface se compose d'une série de toits à deux versants ; sur les faîtes se trouvent les rigoles d'irrigation A ; dans les noues ou thalwegs, se trouvent les colateurs B, figure 6, planche XV.

Transversalement aux ados et à leur partie haute, on rencontre une rigole secondaire qui donne l'eau à toutes les rigoles alimentaires qui viennent la rencontrer normalement.

Les ados sont perpendiculaires à la rigole de distribution, c'est-à-dire dirigés suivant les horizontales du terrain ; par ce moyen, le versant d'amont d'un ados est un peu en déblai, et celui d'aval un peu en remblai ; les terrassements sont réduits au minimum.

Dans la Campine, la longueur d'ados la plus convenable est de 30 mètres ; avec une longueur moindre, on a un trop grand développement de rigoles ; avec une longueur plus grande, l'arrosage uniforme devient presque impossible.

En ce qui touche la pente transversale des ados, elle peut être faible si le sol est imperméable, parce qu'alors il n'y a pas de perte par infiltration ; sur un sol perméable, il faut des pentes considérables pour atténuer les infiltrations.

Dans les terrains sablonneux très-perméables de la Campine, on a adopté des pentes transversales de 0<sup>m</sup>,05 par mètre.

La largeur des ados varie comme la pente transversale, parce que l'importance des terrassements est intimement liée à la valeur de cette pente. Sur un sol peu perméable, chaque versant de l'ados pourrait, à la rigueur, atteindre 15 mètres ; sur le sol sablonneux de la Campine, on s'est borné à la largeur de 5 mètres.

La surface des ados doit être entretenue avec le plus grand soin, si l'on veut obtenir un arrosage uniforme ; c'est une précaution trop souvent négligée.

Les rigoles de déversement A sont horizontales et leur profondeur n'est que de 0<sup>m</sup>,05 ; avec des rigoles plus profondes, on aurait, dans des terrains perméables, des pertes d'eau trop considérables. La largeur est de 0<sup>m</sup>,25.

Les rigoles d'égouttement établies comme l'indique le profil en travers de la figure 6, planche XV, permettent un assainissement complet.

La création d'un hectare de prairie irrigable par la méthode des ados nécessite la dépense suivante :

	Francs.
Tracé des travaux et placement des gazons pour en dessiner le profil.	10,00
Défoncement du sol à 0 <sup>m</sup> ,60 de profondeur. . . . .	150,00
Terrassements. . . . .	60,00
Règlement des ados, des talus, des chemins d'exploitation. . . . .	50,00
Engrais. . . . .	350,00
Mise à niveau des rigoles de déversement et toilette des travaux après l'hiver. . . . .	50,00
Achat des graminées. . . . .	75,00
Frais d'ensemencement et d'enfouissement des graines avec le râteau de bois. . . . .	9,50
Plantation d'aunes sur les digues pour abriter les herbes des vents du Nord et du N. E. . . . .	7,00
Buses en bois. . . . .	13,75
Brouettes et planches de roulage. . . . .	5,00
Journées d'ouvriers pour maintenir l'eau dans les rigoles de déversement pendant la sécheresse. . . . .	8,50
 Total. . . . .	 768,75
Travaux préparatoires à l'irrigation. . . . .	125,00
 Prix d'acquisition du sol à l'état de bruyères. . . . .	 130,00
 Prix de revient total d'un hectare de prairie. . .	 1043,75

Il y a dans la Campine des prairies qui reçoivent des fumures fréquentes ; ce sont celles qui consomment le moins d'eau ; l'irrigation n'est pour elles qu'un arrosage, et ne leur fournit que l'humidité avec peu d'engrais.

Il en est d'autres qui ne reçoivent pas de fumure : ainsi, le Dommel, qui possède un débit moyen de 1,000 litres à la seconde, passe sur une prairie de 5 hectares seulement ; c'est une consommation de 200 litres à l'hectare et à la seconde ; ces prairies donnent chaque année une récolte de foin de 12,000 kilogrammes et une récolte de regain de 4,000 kilogrammes. Les éléments nécessaires à cette production sont évidemment fournis par la grande quantité d'eau employée à l'irrigation.

Dans le Midi, on pourrait, avec le même cube, arroser 1,000 hectares au lieu de 5.

Il y a dans la Campine trois époques d'arrosage :

A l'automne, après la coupe du regain, du 15 septembre jusqu'aux gelées ;

A la sortie de l'hiver, de mars à la fin de mai ;

Après la fenaison, jusqu'au 15 août.

C'est l'arrosage d'automne qui est le plus important, et c'est à cette époque que les eaux paraissent le plus riches.

La durée des arrosages dépend de la perméabilité du terrain ; un arrosage continué pendant longtemps peut être sans inconvénient sur un sol perméable ; il risquerait de produire un mauvais effet sur la végétation, dans un terrain imperméable.

On suspend l'arrosage huit jours avant la coupe des prairies, et on a soin de ne pas arroser avec des eaux troubles des herbes déjà hautes. Les

herbes vasées ne donnent, en effet, qu'un foin poudreux que les bestiaux refusent.

Les prairies irriguées doivent être l'objet d'un entretien assidu; il faut maintenir sans cesse la forme géométrique qui leur a été donnée tout d'abord.

Lors du curage et du nettoyage des rigoles, il faut éviter de les approfondir, parce qu'on enlèverait le dépôt vaseux abandonné par l'eau, et ce dépôt donne de l'imperméabilité aux rigoles et diminue les pertes par infiltration.

Dans un sol imperméable, cette précaution ne serait pas nécessaire.

2<sup>e</sup> *Irrigation par submersion.* — L'irrigation par submersion consiste à diviser le sol en bassins entourés de bourrelets en terre et à faire séjourner dans ces bassins, pendant plus ou moins de temps, une nappe d'eau plus ou moins épaisse.

Dans la Campine, les bassins ont 55 mètres de long et sont traversés en leur milieu, dans le sens de la longueur, par une rigole qui sert à amener les eaux, puis à les emmener.

Cette rigole a une pente de 0<sup>m</sup>,0005 à 0<sup>m</sup>,001, avec une profondeur de 0<sup>m</sup>,35 et une largeur de 0<sup>m</sup>,50.

Les deux versants sont inclinés vers elle avec une pente de 0<sup>m</sup>,005.

De la sorte, l'égouttement est assuré et il ne reste pas d'eau stagnante sur la prairie. Il va sans dire que le plafond de la rigole d'égouttement, à son extrémité d'aval, doit se trouver au-dessus du plan d'eau du fossé dans lequel elle débouche.

La largeur d'un bassin est de 50 mètres.

On le recouvre d'une nappe d'eau dont l'épaisseur est de 0<sup>m</sup>,02 à 0<sup>m</sup>,04 près des bourrelets latéraux; près de la rigole centrale, cette épaisseur s'élève à 0<sup>m</sup>,15, à cause de la pente transversale.

Il va sans dire que le bassin est horizontal dans le sens de sa longueur.

Ce système ne peut donc s'appliquer qu'à un terrain plat, sans quoi les terrassements deviendraient trop considérables.

La pratique de l'irrigation est très-simple: on lève complètement la vanne alimentaire, et on remplit le bassin; puis on baisse la vanne de manière qu'elle ne donne plus qu'un léger volume d'eau, suffisant pour entretenir la nappe d'eau à son niveau primitif.

La dépense d'eau, dans ce système, est, d'après M. Keelhoff, quinze fois moins forte que dans l'irrigation par ados et par déversement; dans ce dernier cas, en effet, l'eau coule toujours et subit de nombreuses pertes; dans le second cas, au contraire, l'eau reste stagnante, et lorsque la terre est une fois mouillée, les pertes se réduisent à celles de l'évaporation.

Employant beaucoup moins d'eau, et une eau stagnante dans laquelle les gaz en dissolution ne se renouvellent pas, l'irrigation par submersion doit être beaucoup moins fertilisante que l'irrigation par ados; aussi exige-t-elle une fumure, là où l'irrigation par ados permet de s'en passer.

En hiver, on peut laisser séjourner l'eau dans les bassins pendant quinze jours ou un mois; lorsque la végétation est dans sa période active, un tel séjour ferait pourrir les herbes; il faut procéder par submersion de 24 heures au plus.

Les prairies irriguées par submersion ont l'avantage de se prêter au parcours des bestiaux, tandis qu'on ne peut les laisser circuler dans les prairies disposées par ados.

3<sup>e</sup> *Irrigation par rigoles de niveau.* — Ce système s'applique aux terrains dont la pente dépasse 0<sup>m</sup>,025.

On établit des rigoles suivant les courbes horizontales ou courbes de niveau ; ces rigoles déversent l'eau par leur bord d'aval sur la planche au-dessus de laquelle elles se trouvent ; l'eau qui a arrosé une première planche est recueillie par la rigole d'aval et concourt à un nouvel arrosage, et ainsi de suite.

Pour assurer l'assainissement, on établit des rigoles de colature perpendiculaires aux rigoles de niveau dans lesquelles elles débouchent.

Le plan et la coupe en travers, figures 7 et 8, planche XV, font comprendre cette disposition.

Un barrage est établi sur le cours d'eau et fait refluer les eaux dans le canal d'alimentation qui occupe la courbe de niveau la plus élevée, et qui communique par des vannes avec toutes les rigoles de niveau.

Celles-ci suivent toutes les ondulations du terrain, et par suite leur écartement est variable.

Cet écartement doit être d'autant moindre que le terrain est plus perméable, afin d'éviter que l'eau ne soit absorbée totalement avant d'arriver à la rigole inférieure.

L'écartement doit diminuer aussi quand la pente augmente ; car, à mesure que l'eau chemine sur une forte pente, elle se réunit en filets dont la grosseur s'accroît peu à peu, et l'arrosage cesse d'être uniforme.

Dans les sols perméables, l'écartement ne doit pas dépasser 15 mètres.

On voit sur la coupe en travers que les rigoles de niveau sont en plan incliné à l'amont et en saillie à l'aval ; cette saillie, qui doit donner un déversement régulier, s'établit avec des mottes de gazon bien dressées horizontalement.

Ces rigoles ont 0<sup>m</sup>,15 de profondeur au milieu de la distance qui sépare deux colateurs ; à la rencontre des colateurs la profondeur atteint 0<sup>m</sup>,30. De la sorte, on peut produire à volonté un assainissement rapide et complet.

Les colateurs communiquent par des vannes avec le canal d'alimentation ; ils peuvent alimenter directement telle ou telle rigole, pourvu qu'on les barre avec des gazons, avec une planche, ou avec une feuille de tôle qu'on déplace à volonté, qui est pourvue d'une poignée et qui a la forme de la section de la rigole.

4<sup>e</sup> *Irrigation par épi de blé.* — L'irrigation par épi de blé ne s'applique qu'à un terrain formé d'une série de contre-forts et de vallées perpendiculaires les unes aux autres, figure 14, planche XIV.

Un canal de dérivation A alimente des rigoles *aa* placées sur des lignes de faite, et communiquant avec d'autres rigoles de déversement *bb* ; celles-ci ont une section qui s'amincit jusqu'à se réduire à zéro à leur extrémité. L'eau qu'elles déversent se répand entre elles, et l'excès est recueilli par les rigoles *cc* placées dans les thalwegs, rigoles qui aboutissent à un canal de colature ou d'écoulement.

Ce mode d'irrigation, dit M. Keelhoff, n'est applicable qu'à des terrains d'une pente de 0<sup>m</sup>,02 à 0<sup>m</sup>,08 par mètre ; dès que la pente dépasse ce chiffre, l'irrigation se fait d'une manière très-incomplète.

Il est préférable de substituer à ce système celui des rigoles de niveau. Les rigoles *aa* doivent être espacées au plus de 50 mètres ; les rigoles *bb* doivent être espacées de 3 mètres au minimum à 15 mètres au maximum. Leur largeur va sans cesse en diminuant, afin que l'on obtienne un déversement régulier.

### 3° Irrigations des Vosges

Les irrigations des Vosges, et particulièrement celles de l'arrondissement de Saint-Dié, ont été décrites en 1866, dans une notice rédigée par M. Guérard, conducteur principal des ponts et chaussées. C'est à cette notice que nous empruntons les renseignements qui vont suivre :

« **Formation et qualités relatives des prairies naturelles.** — Le dépôt alluvial qui constitue le fond des bassins, et sur lequel reposent des prairies naturelles, est formé des débris et de détritus des terrains adjacents supérieurs ; il est d'autant plus fertile que son fond est plus graniteux et que les eaux d'irrigation, toutes choses égales d'ailleurs, sont plus chargées des principes alcalins qu'elles enlèvent aux terrains granitiques à travers lesquels elles se meuvent. Les prairies de première qualité, qui avoisinent les formations cristallines et où les irrigations exercent une influence réelle, occupent, en effet, la partie supérieure du bassin de la Meurthe et quelques vallons du Champ-du-Feu, sur la rive droite de la Bruche ; celles de moyenne qualité, les deux rives de la Meurthe au-dessous de Saint-Dié, la plus grande partie des vallées de la Bruche et du Rabadeau ; et celles de qualité inférieure, les vallées du Taintroué et de la Plaine, où les irrigations sont pour ainsi dire de nul effet.

**Irrigations.** — La prairie naturelle s'élève de la nappe alluviale des bassins au flanc des coteaux, et occupe le versant des collines jusqu'aux faîtes de la chaîne et de ses ramifications ; elle apparaît partout où il y a une source un peu abondante, des gisements aquifères ou des suintements assez multipliés pour entretenir une humidité permanente dans la couche végétale. De là deux méthodes d'irrigation résultant de la situation des prairies et de leur relief transversal.

**Première méthode.** — Dans la première méthode, les eaux de source ou celles qui viennent du fond des ravines sont recueillies dans des rigoles qui suivent à peu près horizontalement les sinuosités des coteaux et des vallons, avec des espacements assez faibles pour que l'eau se répande aussi uniformément que possible à la surface du sol et pénètre lentement à l'intérieur. Ces espacements forment des zones à peu près parallèles de 4 à 5 mètres de largeur, qui s'arrosent toutes de la même manière jusqu'au fond des vallons ou des ravines, chaque zone recevant l'eau de la rigole supérieure.

Les métayers détenteurs de domaines dans les régions élevées, et qui n'ont à leur disposition que quelques minces filets d'eau, les réunissent pour établir une fontaine, dont le trop-plein se charge de purin en traversant l'étable et suffit avec les eaux pluviales accumulées et graissées de la même manière pour fertiliser quelques hectares de prairie au bas des établissements.

**Deuxième méthode.** — La première méthode, qui s'applique à toute prairie dont la pente est supérieure à 10 pour 100, se modifie graduellement en passant des vallons aux vallées un peu plus larges, en ce que les rigoles nourricières s'inclinent d'autant plus sur les rigoles de distribution, que la déclivité longitudinale diminue ; elle conduit ainsi à la deuxième méthode, qui constitue la grande irrigation des bassins sensiblement de niveau dans le sens transversal et dont les pentes longitudinales, qui vont en décroissant à partir de 1 pour 100, ne sont cependant pas inférieures à 4 pour 1,000 dans le bassin de Saint-Dié.

Dans cette seconde méthode, où l'art vient plus particulièrement en aide à la nature, les eaux d'irrigation sont détournées des ruisseaux et des rivières par des barrages d'autant moins multipliés que la pente longitudinale diminue et que le cours d'eau prend des proportions plus considérables ; sur la Meurthe, entre Saint-Dié et Raon-l'Étape, ils sont à un kilomètre en moyenne l'un de l'autre. Par une sorte d'entente naturelle entre les riverains d'un cours d'eau, un barrage n'arrose généralement qu'une des rives.

*Répartition de l'eau dans les canaux d'arrosage.* — L'eau est dérivée dans un grand canal, qu'on appelle canal principal, d'une largeur réglée sur les besoins à desservir, mais qui excède rarement un mètre et demi. Le canal, dont la direction à travers le bassin dépend de sa déclivité longitudinale, est établi de manière à procurer un écoulement rapide aux canaux secondaires qu'il alimente, lesquels deviennent à leur tour des canaux d'alimentation pour une nouvelle répartition des eaux, et ainsi de suite jusqu'aux dernières ramifications, souvent dirigées dans tous les sens et suivant des allures assez tortueuses subordonnées au relief du sol.

Lorsque la pente naturelle ne suffit plus pour produire un écoulement tel que l'eau puisse se répartir régulièrement dans toute l'étendue du sol irrigable, on crée des pentes artificielles en disposant le terrain en sillons ou ados, comme pour la culture des céréales dans les plaines. Ces sillons ou ados sont des bandes rectangulaires de terrain de 40 à 60 mètres de longueur sur 7 à 8 mètres de largeur, formant entre elles deux plans inclinés parfaitement desservis, suivant les pentes qu'on a jugé utile d'établir, en raison du degré de perméabilité du sol, et qui varient de 2 à 5 centimètres. Au sommet de ces deux plans inclinés s'ouvre une rigole de distribution régulièrement dressée au cordeau, suivant une pente de 0<sup>m</sup>,002 à 0<sup>m</sup>,005, et qui va en diminuant de largeur de l'origine à l'extrémité, tandis que les rigoles d'écoulement ou de colature, qui sont au pied, augmentent en sens inverse. On appelle *roye*, dans le pays, les rigoles de distribution ; *ressuierosses*, les rigoles d'écoulement, et *mère roye* le canal qui alimente les royes. Les rigoles de distribution ont 0<sup>m</sup>,15 de largeur à leur origine, et 0<sup>m</sup>,08 à leur extrémité, sur 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,18 de profondeur ; celles d'écoulement ont les mêmes dimensions en largeur, mais dans un sens opposé.

Les rigoles de colature communiquent à une rigole de décharge ou canal collecteur, suffisant pour contenir les eaux utilisées à l'irrigation d'une prairie de dix sillons, ayant des dimensions qui varient entre 0<sup>m</sup>,15 et 0<sup>m</sup>,30 de largeur sur 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,25 de profondeur, et qui augmentent au delà de la première série, en raison de la pente et du volume d'eau à débiter. Ces premiers égoutteurs, en se réunissant donnent naissance à de plus grands, qui débouchent directement à la rivière, ou qui se continuent sur les fonds inférieurs, pour devenir eux-mêmes, en ménageant la pente, de nouveaux canaux d'arrosage. On opère sur ces nouveaux canaux comme sur les précédents ; cette opération se répète souvent un assez grand nombre de fois et embrasse des étendues de plusieurs kilomètres, notamment pour la partie des prairies éloignées des cours d'eau. Aussi, quand les bassins atteignent une certaine largeur, on peut fertiliser les prairies sur plus de moitié de cette largeur par ce système d'irrigation, qu'on appelle irrigation par rechute ou reprise d'eau. Il n'est du reste mis en usage que lorsqu'il n'a pas été possible de faire autrement, car le cultivateur sait fort bien que les eaux perdent de leur propriété fécondante à mesure qu'elles s'éloignent de leur lit naturel et qu'elles ont servi un plus grand nombre de fois. Cependant on reconnaît que ces eaux de reprise produisent assez souvent des résultats

très-satisfaisants, surtout lorsque par un écoulement rapide et en s'accumulant elles ont regagné une partie de leurs propriétés physiques, et qu'elles arrosent des fonds suffisamment perméables. C'est ce qui explique comment nos petits ruisseaux peuvent suffire à l'irrigation de tant de prairies, depuis leur source jusqu'aux cours d'eau dont ils sont tributaires, ou jusqu'au sol qui, par sa nature, profite si peu des irrigations, qu'on cesse de les pratiquer.

Pour mieux faire comprendre le mode d'irrigation par ados, le plus économique comme le plus usité, nous donnons (pl. XXI, fig. 1 et 2) les plans d'une petite prairie de la banlieue de Saint-Dié. Nous avons eu occasion de faire construire pour des irrigations un barrage, qui a coûté 2,500 francs, dans une partie importante du cours de la Meurthe, à 8 kilomètres en aval de Saint-Dié, qui est un des plus grands en ce genre.

En général, les barrages sont simples et coûtent peu de construction; les frais d'entretien n'atteignent pas 50 centimes par hectare, annuellement.

L'eau, introduite à pleins bords dans les rigoles de distribution, est déversée, à gauche et à droite, sur le sol, au moyen de petites saignées dans la berge, ou plus souvent par une série de petits barrages formés par quelques gazons, des cailloux, des bouts de planche, etc., distants l'un de l'autre de 8, 10 ou 15 mètres, selon la pente de la rigole, de manière à assurer un mouillage à peu près uniforme sur tous les points. Quand l'eau a ainsi ruisselé à la surface du sol pendant un certain temps, on la détourne pendant une durée double ou triple de l'arrosage, pour permettre à la couche végétale de se ressuyer complètement; puis on recommence la même opération, et on la continue pendant un mois et demi au printemps, et deux à trois mois à l'automne.

*Époques.* — Les irrigations ont lieu au retour des pluies d'automne, vers le 15 octobre, et de printemps, vers le 20 mars, lorsque les ruisseaux et rivières coulent presque à pleins bords, et que le débit est au moins double de celui de l'étiage, soit parce que les eaux sont meilleures dans cet état, soit plutôt parce que jusqu'à cette limite elles ne sont pas assez volumineuses pour suffire aux besoins de tous.

Elles cessent aux premières gelées, vers le 15 décembre, et au printemps, dans les premiers jours de mai, dès que la végétation commence à se développer. Il importe que les prairies soient convenablement ressuyées avant les fortes gelées. Si la gelée survient au moment de l'irrigation, on continue l'arrosage autant que possible jusqu'au dégel, pour empêcher la gelée de pénétrer jusqu'au racines des plantes car le gazon devient jaune au printemps, et la récolte est fort réduite lorsque cet accident se produit.

*Quantité d'eau employée.* — La quantité d'eau employée à ces grandes irrigations est très-variable; elle dépend à la fois de la durée des pluies, du gonflement des ruisseaux et rivières, et de la nature du sous-sol. Sur les sols à fond granitique d'une nature très-absorbante, elle peut atteindre au moment même de l'arrosement 50 litres en moyenne par seconde et par hectare, descendre à 30 litres sur les fonds moyennement absorbants et se restreindre à 20 litres sur ceux d'une faible perméabilité.

Ces qualités varient, du reste, selon le nombre de périodes d'arrosage qu'il est nécessaire d'adopter; dans tous les cas elles sont incomparablement supérieures aux volumes d'eau employés dans le Midi. Mais si la quantité d'eau augmente en raison du degré de perméabilité du sol irrigable, la durée de l'irrigation diminue en raison inverse; de sorte que sur les fonds très-absorbants

bants, il y a à peu près égalité entre la durée de l'arrosage et ses temps d'arrêt.

Il y a encore l'irrigation d'été, qui consiste à maintenir un peu d'eau dans les rigoles 8 ou 16 jours après la première récolte, ce n'est plus qu'un simple arrosage destiné à rafraîchir le sol pour l'empêcher d'être brûlé par les fortes chaleurs de juillet et d'août, et pour mieux préparer la récolte des regains.

*Emploi de l'eau.* — Selon l'usage généralement admis, l'eau une fois introduite dans les canaux mères-royes, appartient au plus habile, et comme elle ne peut, sauf des cas exceptionnels, suffire aux besoins de tous à la fois, les premiers venus sur la prairie se l'approprient, en bouchant ou fermant les rigoles et canaux de leurs voisins, jusqu'à ce que de nouveaux venus viennent, par le même procédé, enlever celle qui est nécessaire à leur usage, et ainsi de suite d'un bord à l'autre de la prairie. C'est une lutte continue qui dure la nuit comme le jour et dans laquelle la meilleure part échoit au plus vigilant.

Au moment des grandes pluies, lorsque l'eau est trouble, chargée de limon, qu'elle entraîne dans son cours l'humus descendu des coteaux, que les champs se dégraissent pour graisser les prés, selon l'expression locale, presque tout le monde du village est sur pied et se répand dans la prairie, chacun muni d'un *fossoir*, pour *tourner* l'eau sur son héritage.

Ici le désordre n'est qu'apparent, et il est rare que dans cette prise et reprise de l'eau, les intéressés en arrivent à des voies de fait, chacun sentant que l'eau est au premier occupant, tant qu'il est sur le pré.

Dans les grands centres de population, comme à Saint-Dié, les propriétaires, soit que le temps leur manque, soit qu'ils sentent la tâche au-dessus de leurs forces, se réunissent entre eux jusqu'à ce qu'ils aient formé une agglomération de propriétés arrosées par une seule dérivation et pouvant contenir 20 à 25 hectares, et ils chargent une seule personne, non intéressée, de faire l'irrigation en bon père de famille, comme si toute la prairie lui appartenait.

Cette pratique fondée sur une sorte d'entente mutuelle entre les propriétaires ayant un intérêt collectif, ne se propage pourtant guère et ne trouve pas d'adhérents dans les grands centres. Mais c'est qu'aussi le petit propriétaire aime à soigner lui-même sa parcelle de pré, et en outre, il faut bien le dire, il se croit plus soigneux, plus vigilant que son voisin, il est persuadé d'avance qu'il pourra avoir l'eau en plus grande abondance dans les meilleurs moments ; il jouit du fruit de son labeur, et puis le grand mobile pour le cultivateur généralement peu aisé dans nos montagnes, c'est qu'il n'a pas d'argent à débourser, tout en restant convaincu que sa besogne est mieux faite.

*Rendement des prairies.* — Le rendement des prairies dépend essentiellement de la nature du sol et des eaux d'irrigation, le fourrage qu'on récolte sur les fonds granitiques bien irrigués est très-supérieur en qualité à celui qui provient des terres argilo-siliceuses, et le produit par hectare est plus que double.

Le produit moyen par hectare des meilleurs prés est de 5,500 kilog. de foin pour la première coupe, de 2,500 kilog. de regain pour la deuxième coupe, et quelquefois la troisième coupe ; il se réduit pour les autres prés à 2,500 kilog. de foin pour la première coupe et 1,000 kilog. de regain pour la deuxième coupe. Ce dernier produit est même fort souvent abandonné pour les frais de la première récolte qui s'élèvent de 30 à 35 fr. l'hectare.

*Valeur vénale et entretien.* — La valeur vénale de la propriété en nature de prairie est à peu près en rapport avec le rendement ; elle n'est pas inférieure à 10,000 fr. l'hectare pour les prés de qualité supérieure, et tombe à 4,000 fr. et

même à 3000 fr. l'hectare pour les prés de qualité ordinaire, à sous-sol argileux, qui forment la classe la plus nombreuse, celle qui exige en outre une plus grande dépense d'entretien ; car elle se rapporte à un état du sol où il devient nécessaire d'assurer l'écoulement de l'eau par des pentes artificielles, de construire des barrages plus importants et surtout des canaux plus nombreux et plus larges qui permettent d'étendre la surface d'arrosage en portant l'eau à de plus grandes distances. Dans certaines vallées telles que celles du Taintroué, de la Valdange, de la Ravine, de la Plaine, on est souvent obligé de soumettre des portions de prairie infestées de mousse et de jonc à une culture ordinaire pour les remettre ensuite en prairie, c'est ce qu'on appelle rompre un pré, et il suffit pour cela d'en retourner le gazon et de lui donner deux ou trois cultures pour en ameublir la surface, après quoi on le remet en pré en y répandant de la semence de foin ; d'autres fois ce sont les sillons qui nécessitent des modifications dans les pentes et dans les dimensions, et dans ce cas c'est ce qu'on appelle refaire le niveling du pré.

Cette opération, qui se fait en automne ou après la récolte des foins, est assez ingénieuse. Le gazon est coupé par tranches rectangulaires de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,35 de côté sur 0<sup>m</sup>,08 et 0<sup>m</sup>,12 d'épaisseur. Un manœuvre, avec une hache de pré, et à l'aide d'un cordeau, divise la surface de pré en tranches pareilles aux cases d'un damier ; un autre détache ces tranches avec un large fossoir, en donnant un coup au-dessous pour séparer la racine du sous-sol, et les superpose en piles de 1 mètre de hauteur, sur deux ou trois rangées contiguës, dans le terrain voisin : puis le niveling refait et les surfaces des nouveaux sillons dressées, on y répand du fumier très-menu et dans un état moyen de fermentation, et l'on replace les tranches exactement comme on les a enlevées en les damant légèrement. En cas de sécheresse prolongée, on humecte un peu le gazon par un filet d'eau introduit dans chaque rigole du sommet des sillons. Le pré ainsi refait résiste parfaitement aux inondations que l'on prévient, du reste, si on a à les craindre sur quelques points, en enfonçant au milieu de chaque tranche, pour la fixer au sol, une cheville en bois de 0<sup>m</sup>,20.

Le remaniement d'une prairie, qui donne pendant plusieurs années de fort belles récoltes, coûte de 250 à 300 fr. l'hectare sans engrais, et de 400 à 500 fr. avec engrais. Il ne se fait qu'à des intervalles très-éloignés, et seulement dans les lambeaux de diluvium sableux, peu fertiles de leur nature, notamment dans les bassins de la Plaine et de la Fave ; quoique profitable partout, on le pratique beaucoup moins sur les fonds graveleux.

A ces dépenses assez rares, viennent s'ajouter annuellement les frais relatifs à l'irrigation, au curage de canaux et rigoles et à l'entretien des barrages. A Saint-Dié, lorsque ces travaux s'exécutent par voie d'entreprise, on paye 15 fr. par hectare et par an pour l'irrigation complète et pour l'arrosage, c'est-à-dire, pour le curage de tous les canaux et rigoles d'arrosage. On a soin en même temps de rétablir les rigoles du sommet des sillons lorsqu'elles sont déformées, qu'elles ont des dimensions trop grandes par place, ou bien qu'elles sont percées de trous de taupe.

Les frais d'entretien et de reconstruction des barrages varient en raison de l'importance du cours d'eau, ils peuvent s'élever de 5 à 10 francs par hectare chaque année sur les petits ruisseaux, et atteindre 40 francs sur les rivières.

*Desséchement.* — Les eaux d'irrigation ne produisent tout leur effet utile qu'à la condition de ne séjourner qu'un instant à la surface du sol, de s'écouler en-

suite, soit dans le sous-sol, soit dans leurs canaux naturels ou artificiels, et enfin d'être souvent renouvelées.

L'eau stagnante pourrit les plantes par sa fermentation dans le sous-sol, elle engendre, surtout dans les sous-sols argilo-siliceux, des matières visqueuses et roussâtres qui sont de véritables poisons pour les plantes; d'ailleurs, l'eau stagnante entretient le froid dans l'intérieur du sol, et nos prairies froides de la Valdange, du Taintroué, de la Ravine et de la Plaine, sont celles où l'eau séjourne sur la surface ou à l'intérieur du sol. De tout temps le cultivateur intelligent a cherché à soutirer du sous-sol les eaux nuisibles à la couche végétale. Le procédé le plus généralement suivi consiste à augmenter l'inclinaison normale des sillons et la profondeur des rigoles de colature; et quand celles-ci ne peuvent être descendues assez bas pour assurer un assèchement satisfaisant on y supplée par des conduits souterrains ou des pierres, s'il y a des matériaux à proximité; dans le cas contraire, on remplit le fond de la tranchée avec des branchements de toute sorte, de petits fagots recouverts de mousse, ou bien c'est une conduite en bois de forme triangulaire, fabriquée avec des roseaux ou planches de rebut, que l'on met à la place. Mais tous ces moyens d'assainissement sont très-peu répandus; les cultivateurs qui s'en sont occupés ont trouvé peu d'émules jusqu'alors, soit que plus ou moins bien exécutés ils n'aient pas produit des résultats assez efficaces, soit manque de confiance dans ces résultats.

Le drainage régulier, avec tuyaux de terre cuite, qui inspirait une assez grande confiance au début, semble être lui-même tombé en oubli; car il est à peine question maintenant des 25 hectares drainés depuis 1849 par les soins de l'administration et de la moitié environ en sus drainée sans son intervention. Il est vrai que la cause de cette défaveur tient principalement à ce que la plupart n'ont pas réussi par suite d'engorgement produit dans l'intérieur des tuyaux par un chevelu de racines, qu'on appelle vulgairement queue de renard, et qui consiste en une longue traînée de filaments végétaux très-ténus, s'enroulant quelquefois en pelote et bouchant complètement la section des tuyaux. Ces filaments radiculaires existent-ils naturellement à une certaine profondeur dans certains sous-sols; ou bien n'a-t-on pas pris assez de précautions dans l'établissement des drains, et a-t-on recouvert immédiatement les tuyaux de terre végétale, ou de terres contenant des semences, ce qui produirait le même résultat?

Cette dernière supposition, qui n'exclut pas la première dans certains cas, nous paraît d'autant plus vraisemblable qu'en 1856 nous avons fait exécuter dans la banlieue de Saint-Dié deux petits drainages qui se sont parfaitement conservés et fonctionnent comme au premier jour, tandis que d'autres, établis dans des conditions de sol analogues, se sont obstrués sur un grand nombre de points. Nous devons peut-être ce résultat à une circonstance exceptionnelle, en ce que les travaux ayant été exécutés pendant un hiver pluvieux, les terres du sous-sol, pour ainsi dire composées d'argile pure et rejetées sur les tuyaux, ont été comme corroyées par le piétinement des ouvriers, et ont formé une sorte de gangue impénétrable à toute végétation. Quoi qu'il en soit, nous avons pensé qu'il n'était pas inutile de mentionner ici ce fait d'observation, ne fût-ce qu'à titre de renseignement sur la question.

En général, les prairies qui reposent sur les alluvions anciennes, et dont nous avons indiqué précédemment la situation, réclament peu d'assainissement par voie souterraine, parce qu'elles jouissent d'une perméabilité suffisante pour aider à l'accroissement de leur fertilité.

Mais il n'en est pas de même des prairies situées à flanc de coteau, au fond

des vallons et des vallées, dans les terrains secondaires où les eaux exercent une influence manifestement nuisible sur la végétation. Ces eaux, qui viennent des régions élevées et en grande abondance, affluent en nappes ou jets, suivant que les couches aquifères arrivent par une pente continue jusqu'à la surface du sol, ou bien suivant qu'elles sont trop inclinées ou arrêtées par quelque gisement imperméable. Dans le premier cas, elles sortent en suintements sur une certaine étendue, et dans le second cas, elles s'accumulent jusqu'à ce que, subissant l'effet de la pression supérieure, elles s'échappent par une issue latérale ou jaillissent de bas en haut.

Il suffit donc de rechercher ces nappes ou jets pour en combattre l'influence pernicieuse, ou pour en assurer l'écoulement au profit de l'irrigation des prairies inférieures; et souvent avec un drain de ceinture établi à la limite supérieure de la zone humide, ou suivant la ligne aquifère, quelques drains dirigés suivant les plis concaves de la surface, et, s'il y a lieu, de petits branchements communiquant aux points d'émergence des jets, on parvient à assainir suffisamment une prairie d'une assez grande étendue.

Cette manière de procéder, qui nous paraît la plus rationnelle, est d'une très-grande importance pour la bonification des prairies immersées par les eaux souterraines, et c'est le plus grand nombre, en ce qu'elle prévient leur congélation, lorsque à la suite d'un dégel arrive subitement une gelée intense, parce qu'alors les eaux de filtration qui découlent des fonds supérieurs ne peuvent plus produire d'effet nuisible sur la couche végétale.

M. Viard, conducteur, a dirigé avec beaucoup de succès, tant sous les ordres de M. l'ingénieur Kuss que sous les nôtres, diverses opérations de cette nature dans la vallée de la Bruche, une entre autres immédiatement au-dessous de Schirmeck, sur la gauche de la rivière, et dans laquelle il est parvenu à réunir en association soixante propriétaires, possédant indivisément 18 hectares de prés, terres cultivées et jardins, entre la route et le pied du coteau. Cette étendue de terrain, au moment des grandes pluies, se trouvait complètement envahi par les eaux souterraines descendant de la côte des Chênes et de la côte de la Vigne. Ces eaux, pour ainsi dire emprisonnées dans le pli rentrant du milieu, se répandaient lentement dans toute la surface et y entretenaient une humidité des plus nuisibles.

Aujourd'hui, les eaux nuisibles sont recueillies dans deux grands collecteurs, qui les versent à la rivière après avoir traversé la route sous deux ponts différents; le drainage ayant été divisé en deux parties, dans chaque partie un drain de ceinture a été établi suivant la ligne aquifère, à la limite du terrain meuble et du sol alluvial, un autre au centre du pli rentrant et formant collecteur, partie à ciel ouvert et partie avec conduit en pierre de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,25 de section, puis quelques branchements soutirant les eaux de source et les déversant dans les collecteurs.

La dépense qu'a nécessitée ce travail ne s'est pas élevée au delà de 50 fr. l'hectare, et les propriétés assainies par ce moyen ont doublé de valeur et de produit. »

## II

## ARROSAGES SIMPLES

## OU IRRIGATIONS A FAIBLE CONSOMMATION D'EAU

PRATIQUÉES DANS LES CLIMATS DU MIDI

**1<sup>e</sup> Irrigations du département de Vaucluse.  
Canal de Carpentras**

La partie du département de Vaucluse située au nord de la Durance est abondamment pourvue de canaux d'irrigation. Les deux sources principales d'alimentation sont la Durance pour les eaux troubles et la fontaine de Vaucluse pour les eaux claires.

La planche XX représente la région qui nous occupe ; elle est extraite d'une notice rédigée en 1850 par M. Conte, ingénieur des ponts et chaussées.

**Canaux d'arrosage à l'eau claire.** — C'est la fontaine de Vaucluse qui alimente les canaux d'arrosage à l'eau claire.

Nous avons vu, en traitant de l'hydrologie, que la fontaine de Vaucluse est l'exutoire d'un vaste bassin perméable de calcaire néocomien de 70 kilomètres de longueur, qui s'étend jusqu'à Sisteron, sur une superficie de 96 500 hectares : c'est un plateau élevé sur lequel il tombe environ 0<sup>m</sup>,80 de pluie par an, ce qui représente pour la superficie totale un débit de 24 mètres cubes à la seconde.

La fontaine de Vaucluse donne un débit de 10 à 12 mètres cubes à la seconde, c'est-à-dire environ la moitié du cube de l'eau de pluie que recueille le bassin.

Ce débit ne tarde pas à se diviser en deux branches, la branche de l'Isle et la branche de Velleron ; c'est à partir de cette division que les diverses branches formées successivement par le cours d'eau prennent le nom de Sorgues.

Sur la branche de l'Isle on ne tarde pas à rencontrer le barrage du Prévôt qui alimente le canal de Vaucluse en détournant la majeure partie des eaux. Le canal de Vaucluse arrose diverses communes jusqu'au château d'Aiguille où il se divise en deux branches, dont l'une se rend à Sorgues et l'autre à Avignon.

Le canal de Vaucluse est la propriété de l'État ; il est administré par un syndicat ; il alimente 114 usines importantes.

La branche de Velleron présente de nombreuses dérivations ; elle arrose neuf communes et finit par se jeter dans l'Ouvèze à Bédarrides.

La fontaine de Vaucluse, avec son débit de 12 mètres cubes, pourrait arroser 12 000 hectares ; mais les chutes et les usines empêchent le développement des irrigations ; aussi ne comprennent-elles que 3586 hectares, dont 24 reçoivent l'eau par des roues hydrauliques.

Le prix des arrosages pour le canal de Vaucluse est de 3 fr. 50 par hectare, et ce prix peut être considéré comme une moyenne.

**Canaux d'arrosage à l'eau trouble.** — Ce sont des dérivations de la Durance qui alimentent les canaux de dérivation à l'eau trouble.

Il y a cinq de ces dérivations :

- 1<sup>o</sup> Le canal de Cabedan-Neuf et de plan oriental.
- 2<sup>o</sup> Le canal Saint-Julien.
- 3<sup>o</sup> Le canal Crillon.
- 4<sup>o</sup> Le canal de la Durançole et des hospices d'Avignon.
- 5<sup>o</sup> Le canal de M. de Cambis.

1<sup>o</sup> Le canal de Cabedan-Neuf fut concédé en 1738. La commune de Cavaillon fut appelée à faire les avances de la dépense aux conditions ci-après :

« Les sommes nécessaires à la construction du canal seront versées par la commune entre les mains d'un trésorier d'honneur qui sera nommé par le corps des intéressés.

Il sera dressé, par des experts nommés par le bureau des eaux de Cavaillon, une *liève* des terrains reconnus arrosables, et la commune retirera la cotisation annuelle qui sera perçue sur ces terrains, pour s'assurer du remboursement des sommes avancées par elle.

Le remboursement des sommes empruntées sera fait en seize années. »

Les intéressés étaient tenus de fournir les terrains nécessaires à l'établissement du canal et des fossés de distribution des eaux.

Ils étaient, en outre, astreints, à perpétuité, à se fournir passage pour les eaux du canal, moyennant indemnité réglée à dire d'experts.

Le canal du Haut-Cabedan fut construit en conséquence entre la Durance et le torrent de Coulon dans lequel il déversait ses eaux inutilisées.

L'association de la rive droite du torrent du Coulon fut constituée en 1824 sous le nom d'Association du Canal de Plan Oriental, et en 1834 la prise d'eau en Durance du canal de Cabedan-Neuf fut construite dans les digues en pierre de la commune de Mérindol.

Les pentes du canal de Cabedan-Neuf varient de 0<sup>m</sup>,00025 à 0<sup>m</sup>,001 ; on a eu le tort d'y ménager des chutes, qui tiennent les eaux à un niveau inférieur de 10 mètres à celui qu'elles auraient pu atteindre.

La portée du canal de Cabedan-Neuf est de 2 mètres cubes ; il arrose en tout 1196 hectares repartis entre 1150 intéressés.

Pour la section de Cabedan-Neuf, la redevance annuelle à l'hectare, pour les terrains engagés dans l'association, est de 14 fr. 35 pour ceux qui n'ont pas arrosé, et de 24 fr. 79 pour ceux qui ont arrosé.

Ces prix sont de 28 fr. 52 et 39 fr. 50 sur la section de Plan-Oriental.

2<sup>o</sup> Le canal de Saint-Julien remonte à 1171 ; il résulte d'une concession faite par Raymond V, comte de Toulouse et de Provence, à l'évêque de Cavaillon qui établit avec ce canal un moulin à farine à la porte de Cavaillon.

En 1235, l'évêque accorda aux habitants le droit de se servir du canal pour arroser leurs terres.

La prise du canal Saint-Julien, établie sur la commune du Cheval Blanc, est une simple tranchée pratiquée dans la berge de la Durance. On repurge l'entrée du canal toutes les fois que les graviers l'ont encombrée, et on prolonge la tranchée à travers les grèves toutes les fois que les eaux abandonnent l'entrée du canal.

Après Cavaillon, le canal de Saint-Julien traverse le torrent du Coulon au moyen d'une bâche en bois suspendue par des tiges en fer à un arc en pierres, planche XX.

Le canal de Saint-Julien, d'une longueur de 28 700 mètres, a des pentes variant de 0<sup>m</sup>,0003 à 0<sup>m</sup>,001 ; il arrose annuellement 1900 hectares de terre ; il prend habituellement 4 mètres cubes d'eau en été à la Durance.

Le nombre des intéressés est de 2060.

Le prix annuel de revient de l'arrosage est de 10 à 12 fr. par hectare.

3<sup>o</sup> Le canal Crillon, construit en 1785 par le duc de Crillon, a une prise d'eau très-bien située, à l'amont du pont de Bompas, avec un seuil placé à 0<sup>m</sup>,81 au-dessous de l'étiage. Mais le canal est très-mal placé ; au lieu de suivre les coteaux, il est en remblai dans la plaine, ce qui fait perdre une grande superficie arrosable.

Les pentes varient de 0<sup>m</sup>,0002 à 0<sup>m</sup>,0008.

Le prix d'arrosage est de 23 fr. 44 par hectare.

4<sup>o</sup> Le canal de la Durançole a, en basses eaux, une portée de 1<sup>m</sup>,60 ; il arrose 1120 hectares appartenant à 530 intéressés.

5<sup>o</sup> Le canal de M. de Cambis, construit par le propriétaire de ce nom et lui appartenant, a une portée de 1<sup>m</sup>,50, et pourrait arroser 1500 hectares. En 1850, il n'arrosoit que 27 hectares.

**Détails sur les irrigations.** — Lorsque l'on a de l'eau en abondance, toutes les cultures s'arrosoft.

**Prairies.** — Les prairies naturelles s'établissent sur de mauvais terrains formés d'un mélange de gravier et de cailloux ; ces terrains s'appellent les garrigues. Dans ces terrains, où la préparation première de la terre ne peut être faite à la charrue, le prix de revient d'un hectare de prairie, en comptant 160 kilogrammes de graine à 0 fr. 50, revient à 950 fr.

C'est seulement au bout de 15 ans que la prairie est vraiment formée et qu'elle donne par an trois bonnes coupes.

Pour établir une prairie, dit M. Conte, on armeublit la terre, on la nivelle et on la divise en compartiments, au moyen de bourrelets de 20 centimètres de hauteur environ, perpendiculaires au fossé d'arrosage ; l'espacement des bourrelets est très-variable, suivant l'inclinaison du terrain. Dans les terrains plats, il est de 15 à 20 mètres ; on le réduit à 5 mètres, quelquefois même à 2 lorsque l'inclinaison du terrain va à 3 ou 4 centimètres par mètre. On déverse l'eau du fossé dans chacun des bassins formés par les bourrelets, et on les inonde jusqu'à ce que chaque point ait été atteint par les eaux.

Une prairie arrosée à l'eau trouble rapporte facilement 400 fr. nets par hectare ; arrosée à l'eau claire, elle rapporte 100 à 120 fr.

Aussi, partout où on a pu substituer les eaux de la Durance aux eaux de la Sorgue, on s'est empressé de le faire, bien que la taxe d'arrosage de la Durance soit de dix à douze fois plus considérable que celle de la Sorgue.

Pour avoir avec l'arrosage à l'eau claire des produits analogues, il faut employer une quantité de fumier beaucoup plus considérable ; l'eau trouble porte avec elle ses engrains ; l'eau claire, si elle est trop chargée de calcaire, peut même nuire à la végétation.

**Luzernes.** — Une luzerne irriguée dure trois ans ; la terre est disposée par planches à bourrelets, comme nous venons de l'indiquer pour les prairies naturelles.

La terre, préparée pour la luzerne, reçoit 100 mètres cubes de fumier à l'hec-

tare : elle donne cinq coupes annuelles, pesant en tout 14550 kilogrammes.

A Cavaillon, les luzernes sont arrosées tous les sept jours. La lame d'eau est de 0<sup>m</sup>,06, ce qui fait 1 litre par seconde et par hectare de débit continu.

A Avignon, on met sur les luzernes tous les dix à douze jours une lame d'eau de 0<sup>m</sup>,08, ce qui fait 0<sup>lit</sup>,9 par seconde et par hectare.

Dans d'autres communes, on met après chaque coupe, c'est-à-dire cinq fois dans la saison, une lame d'eau de 0<sup>m</sup>,10, ce qui ne fait qu'un débit de 1 demi-litre à la seconde et à l'hectare.

*Culture maraîchère.* — La culture maraîchère et les jardins exigent un débit continu de 2 litres et demi par hectare.

*Garance.* — La terre étant bien préparée et fumée, on la divise en planches de 1 mètre de largeur, et on sème la garance sur 0<sup>m</sup>,60 seulement de cette largeur ; au fur et à mesure que la plante pousse, on creuse un fossé entre les planches successives et on recouvre le semis avec la terre qui en provient, afin de transformer en racine l'herbe qui se trouve au-dessus de terre.

La garance ne s'arrose qu'au moment de la récolte et pour ameublir la terre ; on réduit ainsi de plus de moitié la main-d'œuvre de l'arrachage, et un homme qui sur une terre sèche n'arracherait la plante que sur un sillon de 9 mètres de longueur en sa journée peut en arracher 20 mètres sur une terre arrosée.

La quantité d'eau nécessaire pour l'arrosage de la garance représente un débit continu de 0<sup>lit</sup>,4 à la seconde et à l'hectare.

*Cultures diverses.* — Dans les années de sécheresse, et lorsque mai et juin se passent sans pluie, il devient nécessaire d'arroser les céréales, les vignes, les tubercules : deux arrosages avec une tranche de 0<sup>m</sup>,12 suffiront dans la saison, c'est-à-dire dans l'espace de trois mois, et cela correspond à un débit continu de 0<sup>lit</sup>,15 à la seconde et à l'hectare.

*Plus-value des terrains arrosés.* — Les terrains arrosables valent en général moitié en sus de ceux qui ne jouissent pas de ce bénéfice.

Les garrigues décuplent de valeur par l'arrosage, ou plutôt par le colmatage, qui en quelques années recouvre ce sol infertile d'une épaisseur de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,35 de terre végétale.

*Canal de Carpentras.* — Le canal de Carpentras, dont la direction générale est indiquée sur la carte de la planche XX, est de création moderne. Il date de 20 ans. En voici la description, empruntée aux légendes jointes aux planches du portefeuille de l'École des ponts et chaussées. Les planches 17, 18 et 19 en donnent les principales dispositions.

*Historique.* — Au commencement du dix-huitième siècle, il n'existant sur la rive droite de la Durance que deux canaux d'irrigation : celui de Saint-Julien, construit dans la commune de Cavaillon par l'évêque de ce siège, et celui de l'Hôpital, construit dans la commune d'Avignon par les chartreux de Bompas. Ces canaux avaient d'abord été construits pour faire marcher des moulins et ils avaient été successivement agrandis pour arroser les terres des habitants des communes. En 1730, un architecte de la contrée, M. Brun, produisit un avant-projet de dérivation des eaux de la Durance qui aurait porté les irrigations dans une grande partie du comtat Venaissin. C'est ce projet qui se trouve aujourd'hui presque entièrement réalisé.

En 1780, les communes de Cavaillon et des Taillades construisirent à leurs frais la première partie de ce canal sous le nom de canal de Cabedan-Neuf. En 1850, les communes de l'Isle, Robion, Lagnes, le Thor et Chateauneuf de Gada-

gnes, entreprirent un autre tronçon du projet primitif. Enfin, en 1854, les communes de Saumane, l'Isle, Velleron, Pernes, Carpentras, Monteux, Loriol, Aubignan, Beaume, Sarrians et Jonquières, mirent la main à l'œuvre pour compléter ce travail.

Un syndicat provisoire, créé par arrêté du préfet de Vaucluse du 16 octobre 1849, et représentant les communes de l'association de Carpentras, se chargea de toutes les démarches à faire, soit auprès de l'administration, soit auprès des tiers : il ouvrit des listes de souscriptions aux conditions suivantes : le prix de la cotisation fut fixé à 375 francs par hectare, payables en seize termes semestriels, savoir : six pendant l'exécution des travaux et les dix autres termes après leur achèvement ; la durée des travaux devait être de trois ans ; la dépense devait être remboursée au moyen des six premiers termes de la souscription et d'un emprunt fait à la Caisse des dépôts et consignations, dont les souscripteurs eurent à payer les intérêts en outre des 375 francs de leur cotisation. Moyennant ce versement les souscripteurs eurent le droit d'arroser à perpétuité les terres engagées par eux, sauf la répartition annuelle des frais d'entretien et d'administration. L'association est régie par un syndicat de 11 membres, un pour chaque commune arrosée, constitué le 1<sup>er</sup> avril 1853. L'organisation syndicale est parfaitement semblable à celle du canal de Cadenet, décrite dans les *Annales des ponts et chaussées* (Lois, décrets, etc. — (1<sup>er</sup> septembre 1855).

Les travaux de la ligne principale ont été commencés en octobre 1854, avec le concours d'une subvention de 400,000 francs accordée par l'État. Les eaux ont été introduites au mois de mars 1857.

*Description.* — Le canal de Carpentras a sa prise d'eau à la Durance, auprès du rocher de Mérindol ; cette prise est commune aux trois associations de Cabedan-Neuf, de l'Isle et de Carpentras. De même le canal de Cabedan-Neuf, élargi et rectifié dans ses parties défectueuses, est commun aux trois associations sur une longueur de 18 kilomètres jusqu'au pont Pérussier : le canal de l'Isle est commun aux deux associations inférieures, sur une longueur de 6 kilomètres, entre le pont Pérussier et la tour de Sabran, où commence le canal de Carpentras proprement dit. Un syndicat mixte est chargé d'administrer la partie commune du canal principal.

La portée légale de ces canaux est la suivante :

	M. & c
Pour le canal de Cabedan-Neuf. . . . .	2
— de l'Isle. . . . .	2
— de Carpentras. . . . .	6
	<hr/>
Total. . . . .	10

Mais comme ces portées ne se rapportent qu'au temps de plus bas étage de la Durance, on a donné à l'origine une portée de 16 mètres qui se réduit à 12 mètres au pont Pérussier et à 9 mètres à la tour de Sabran.

Les terres que leur situation permet d'arroser dans le périmètre de chaque association présentent les contenances suivantes :

	Hectares.
Association de Cabedan-Neuf et du plan oriental. . . . .	4,500
— de l'Isle. . . . .	5,800
— de Carpentras. . . . .	16,639
	<hr/>
Total. . . . .	26,939

Sur cette contenance totale on arrosait au commencement de l'année 1862 :

	Hectares.
Dans le périmètre de Cabedan-Neuf. . . . .	1,400
— de l'Isle. . . . .	1,600
— de Carpentras. . . . .	6,000
<hr/>	
Total. . . . .	9,000
<hr/>	
Le développement de la ligne principale de la prise d'eau à Mérindol, jusqu'au point de déchargement dans la rivière de l'Aigues à Travaillans, est de 83,357 <sup>m</sup> 48	
Les grandes dérivations, au nombre de cinq, ont ensemble une longueur de . . . . .	32,719 <sup>m</sup> 20
Le développement total des rigoles de distribution dites filiales est de . . . . .	362,588 <sup>m</sup> 60
<hr/>	
Longueur totale du réseau. . . . .	478,665 <sup>m</sup> 28

*Tracé.* — En partant de la tour de Sabran, le canal traverse la route nationale n° 100 de Montpellier à Digne, vient passer sur le vallon de Saint-Nicolas, puis franchit le célèbre vallon de Vaucluse sur le pont-aqueduc de Galas, le plus grand ouvrage d'art de toute la ligne.

Le canal se développe ensuite sur les coteaux de Saumane, Velleron et Pernes, en épousant avec soin les formes du terrain. Il passe en tunnel sous le boulevard de la ville de Pernes, franchit le torrent de la Nesque, et s'étend dans les plaines arides comprises entre Pernes et Carpentras. Il traverse le contre-fort de Carpentras au moyen d'un souterrain de 330 mètres de longueur, le torrent de Lauzon sur un pont-aqueduc, la route départementale de Carpentras à Orange au moyen d'un siphon en béton, et se développe ensuite sur les coteaux jusqu'à Sarrians. Dans ce dernier parcours il traverse les torrents de Mèdes, Brégoux et Salettes au moyen de siphons en béton, les torrents de Lauchun et Syrel au moyen de ponts-aqueducs. Enfin le canal perce le contre-fort qui sépare ces torrents de la vallée de l'Ouvèze, au moyen d'un souterrain de 1030 mètres de longueur, traverse l'Ouvèze par un siphon en béton de 80 mètres de longueur, et va se décharger dans l'Aigues près de Travaillans.

*Profil en long.* — Le profil en long fait voir que la pente longitudinale par kilomètre varie de 0<sup>m</sup>,28 à 0<sup>m</sup>,20 entre la tour de Sabran et l'Aigues ; ces pentes sont suffisantes, parce que dans cet intervalle, dont l'origine est à 24 kilomètres de la Durance, les eaux n'arrivent qu'après avoir déposé une partie des matières en suspension. Les pentes sont augmentées dans la traversée des ouvrages d'art et des souterrains, afin d'en réduire les dimensions.

NUMÉROS DES PIQUETS.	DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.	DISTANCES.	COTES NOIRES.	COTES BLEUES.	PENTES PAR MÈTRE.	OBSERVATIONS.
0	Prise d'eau en Durance.	336,00	108,43	109,88	0,0010	
2	Id.		107,79	109,54		Chute de 0,25.
		2516,80	107,44	109,29	0,0012	
*	Chute de Malan. . . . .		104,42	106,17		Chute de 2,60.
*	Chute de Rigalon. . . . .	1948,30	101,82	103,57	0,0012	Chute de 1,40.
			99,67	101,42		
			98,27	100,02		
38	Chute de la Roquette. . . .	1831,00	95,62	97,27	0,0015	Chute de 1,01.
			94,51	96,26		
98	Prise d'eau de l'Isle au pont Pérussier. . . . .	11478,20	89,92	91,67	0,0004	Chute de 0,25 au niveau de l'eau.
				91,42		
*	Pont aqueduc de Coulon.	3707,95	88,81	90,31	0,0003	
*	Id.	64,70	88,75	90,25	0,0012	
177	Plafond du canal de l'Isle	1243,25	88,16	89,66	0,0005	
191	Pont-aqueduc de Galas. . .	5638,00	86,58	88,08	0,00028	
192	Id.	160,00	86,40	87,90	0,0010	
294	Id.	14391,00	82,66	84,16	0,00026	
507	Pont-aqueduc de la Nesque. . . . .	765,20	82,28	83,78	0,0005	
351	Souterrain de Carpentras. . . . .	7058,80	80,52	82,02	0,00025	Relèvement du fond de 0,50.
			80,82			
362	Pont-aqueduc de Lauron	600,00	80,52	81,72	0,0005	
371	Id.	400,00	80,37	81,57	0,000275	
*	Souterrain de la Garrigue	23060,00	75,76	76,96	0,00020	
*	Id.	1030,00	75,24	76,44	0,0005	
		76226,10				

*Profils en travers.* — La hauteur de l'eau dans le canal étant de 1<sup>m</sup>,50 de la tour de Sabran jusqu'à Carpentras, et de 1<sup>m</sup>,20 de Carpentras jusqu'à l'Ouvèze, on s'est servi pour calculer les largeurs moyennes de la formule de Tadini, indiquée par M. Nadault de Buffon,

$$Q = 50 L h \sqrt{h}$$

dans laquelle Q représente le débit, L la largeur moyenne, h la hauteur et i l'inclinaison longitudinale par mètre. On a reconnu par quelques vérifications qu'elle est suffisamment exacte. D'après cette formule, les divers profils du canal de Carpentras, tels qu'ils sont donnés par la planche XVII, correspondent aux débits suivants :

	Mètres.
De la tour de Sabran à la vallée de Vaucluse . . . . .	8,84
De la vallée de Vaucluse à Pernes . . . . .	8,91
De Pernes à Carpentras . . . . .	7,64
De Carpentras au torrent de Médès . . . . .	4,46
De Médès à Aubignan . . . . .	4,00
D'Aubignan à l'Ouvèze . . . . .	2,60
Pont-aqueduc de Saint-Nicolas . . . . .	8,53
Pont-aqueduc de Galas . . . . .	8,71
Souterrain de Pernes . . . . .	7,87
Souterrain de Carpentras . . . . .	4,26
Souterrain de l'Ouvèze . . . . .	2,43

Au moyen des valeurs de  $L$  déduites de la formule précédente, les profils en travers types ont été établis d'après les principes suivants : des banquettes règnent le long du canal ; celle de droite, généralement en déblai, a 1 mètre de largeur ; elle est accompagnée d'un fossé conforme à celui des routes. La banquette de gauche, en remblai d'ordinaire, a 1 $m$ ,50 de largeur ; ces banquettes sont placées à 0 $m$ ,50 au-dessus du niveau de l'eau. Les talus intérieurs du canal sont inclinés à 1 et demi de base pour 1 de hauteur dans les déblais de terre et les remblais. Ils sont inclinés suivant 1 de base pour 3 de hauteur dans le rocher, mais alors le remblai est revêtu d'un mur en maçonnerie ordinaire avec mortier de chaux hydraulique pour éviter les filtrations. La planche I donne tous les détails des profils en travers dans tous les cas qui se sont présentés.

*Ouvrages d'art.* — Les ouvrages d'art sont construits en maçonnerie ordinaire avec les parements en moellons d'appareil, les angles et les bandeaux des voûtes en maçonnerie de pierre de taille. On a recherché avec le plus grand soin toutes les carrières à proximité des ouvrages, et partout on en a trouvé d'assez voisines pour que les matériaux reviennent à très-bon marché. Les pierres sont de la molasse coquillière ; quelques moellons sont en calcaire argileux.

La chaux a été fabriquée spécialement pour le canal ; elle est éminemment hydraulique ; l'extinction en est même très-difficile, parce qu'elle se rapproche beaucoup des ciments. Pour éviter les déchets énormes que donnaient les procédés ordinaires d'extinction, on a broyé la chaux entre deux meules à sa sortie du four. On a employé 360 kilogrammes de chaux en poudre par mètre cube de sable. Les mortiers sont excellents et durcissent très-vite.

Le tracé présente neuf ponts-aqueducs, six aqueducs-siphons, seize ponts par-dessus le canal pour passage de routes et chemins.

*Prise d'eau.* — La planche XVIII indique avec assez de détails les dispositions de la prise d'eau en Durance, pour qu'il n'y ait pas lieu d'insister. Les figures 1 et 2 planche XIX la complètent en montrant sur une plus grande échelle la disposition des vannes. Elles sont en fonte, fortifiées en amont par deux nervures diagonales et garnies sur la rive d'une bande en bois, glissant sur un cadre en fer fixé sur la maçonnerie.

*Ponts-aqueducs.* — Le pont-aqueduc sur le torrent du Coulon est un grand ouvrage formé de cinq arches surbaissées en anse de panier de 9 mètres d'ouverture et 3 mètres de flèche. Il a 58 mètres de longueur totale et sa tablette de couronnement s'élève à 5 $m$ ,67 au-dessus de l'étage de la rivière.

Le pont-aqueduc de Saint-Nicolas a deux arches en plein cintre de 6 mètres d'ouverture, et la tablette est à 11 $m$ ,40 au-dessus du fond du ravin. Il a coûté 9,000 francs.

Le pont-aqueduc de Galas sur le vallon de Vaucluse est le principal ouvrage d'art du canal : son emplacement était marqué par la configuration des lieux à la jonction des vallées de déchirement et d'érosion, en un point où le vallon de Vaucluse offre un minimum de largeur. Il est formé de 13 arcades de 9 mètres d'ouverture : sa hauteur maximum est de 24<sup>m</sup>,50 au-dessus de l'étiage de la Sorgue. Sa longueur totale est de 159<sup>m</sup>,20.

On a établi les fondations des piles n<sup>o</sup> 3 et 4 dans des enceintes de pieux et palplanches ; on a dragué dans ces enceintes, pour la pile n<sup>o</sup> 3, jusqu'au rocher ; pour la pile n<sup>o</sup> 4, jusqu'au gravier résistant, puis on a coulé le béton jusqu'à la hauteur de 1<sup>m</sup>,60, en contre-bas du socle ; pour les piles n<sup>o</sup> 5, 6, 7 et 8, on a fouillé, en épuisant jusqu'au gravier, puis on a coulé le béton sur cette même hauteur de 1<sup>m</sup>,60. Sur ce prisme de béton on a établi une première assise dont le parement est en libages et le milieu en béton ; à celle-ci on a superposé le socle de 1<sup>m</sup>,20 de hauteur, entièrement construit en libages. La première assise de chaque pile, celle du milieu et celle du couronnement, sont également en libages pleins.

Le montage des matériaux était fait d'une manière très-simple ; un câble en fil de fer traversait la vallée ; il était supporté au droit des piles n<sup>o</sup> 5 et 8 par deux bigues ; des mousles étaient attachées à ce câble, et des bœufs tirant sur l'extrémité du garant par l'intermédiaire d'une poulie de renvoi opéraient le montage des matériaux. Il est inutile d'ajouter qu'un pont de service réunissait les deux rives de la Sorgue.

Les pressions supportées par les piles sont les suivantes : à la hauteur des naissances, 4<sup>t</sup>,30 par centimètre carré ; sur les socles, 5<sup>t</sup>,30 ; sur la première assise, 6<sup>t</sup>,30.

	Francs.
Les fondations ont coûté. . . . .	18,400
Le pont-aqueduc au-dessus du socle. . . . .	108,000
Total. . . . .	126,400

Le pont-aqueduc sur le torrent de l'Enrjat, avec vanne de décharge, est représenté planche XIX, fig. 8 à 10.

Le pont-aqueduc sur le torrent de la Nesque est composé de deux arches en plein cintre de 6 mètres d'ouverture. La longueur totale de l'ouvrage d'art est de 26<sup>m</sup>,70, et la hauteur de la tablette au-dessus du lit du torrent est de 6<sup>m</sup>,60. Il est fondé sur la roche argileuse, connue sous le nom de saffre dur. Il a coûté 9,500 francs.

Le pont-aqueduc sur le torrent de Lauzon offre des dispositions analogues avec un peu plus de hauteur (7<sup>m</sup>,50) ; il a coûté 11,000 francs.

Le pont-aqueduc des Cinq-Cantons est le plus grand ouvrage d'art de la ligne après celui de Galas ; il est formé de 35 arcades en plein cintre de 6 mètres d'ouverture. La longueur totale est de 265<sup>m</sup>,19, et sa hauteur maximum est de 11 mètres environ au-dessus du fond de la vallée.

Les ponts-aqueducs sur les torrents de Lauchun et de Syzel ont l'un 6 mètres, l'autre 4 mètres d'ouverture ; le premier a coûté 7,500 francs, le second 3,500 francs.

Le premier siphon que l'on rencontre en descendant le canal est le pont-siphon établi sous le chemin de l'Isle, aux abords de Pernes. C'est un pont biais

en arc de cercle de 5 mètres d'ouverture, et de 0<sup>m</sup>,90 de flèche, avec 0<sup>m</sup>,60 d'épaisseur à la clef. La pression exercée en ce point est due à une différence de 0<sup>m</sup>,60 de hauteur d'eau.

Le pont-siphon établi sous le chemin de Saint-Labre, près Carpentras, offre les mêmes dimensions, mais il est droit, et la pression à la clef est de 0<sup>m</sup>,90.

L'aqueduc-siphon de Carpentras franchit un carrefour, où viennent se réunir les routes départementales n<sup>o</sup> 4 et 5, l'avenue de Notre-Dame-de-Santé, et le chemin de Caromb. Il est formé de deux tuyaux parallèles en béton de 1<sup>m</sup>,50 d'ouverture, offrant 0<sup>m</sup>,60 d'épaisseur au sommet et sur les côtés, 0<sup>m</sup>,30 seulement à la partie inférieure, et 0<sup>m</sup>,40 à la hauteur des centres pour la cloison de séparation. La pression au sommet est de 1<sup>m</sup>,69 ; la longueur est de 20 mètres.

Les aqueducs-siphons sous les torrents de Mèdes, de Brégoux et de Salettes, offrent les mêmes dispositions générales que le précédent. Ce type a été répété quatre fois (fig. 3 à 7, pl. XIX).

L'aqueduc-siphon de l'Ouvèze n'offre qu'un seul tuyau de 1<sup>m</sup>,70 de diamètre, et de 80 mètres de longueur.

*Ponts.* — Les ponts par-dessus présentent plusieurs types suivant les ouvertures et suivant les largeurs entre les têtes. Leur prix varie entre 700 francs et 2,400 francs, y compris les abords, chaussées, etc.

Quelques-uns de ces ponts offrent des dispositions toutes particulières ; tantôt des passages de filioles, dans des buses en bois ou dans de petits canaux en pierre, sont ménagés contre l'une des têtes du pont ; tantôt c'est un torrent qui franchit le canal à côté de la chaussée (pont du torrent Rigalon et de la route départementale n<sup>o</sup> 3).

Le pont de la grande Bastide donne passage à la fois à un chemin et au canal de décharge du moulin de Saint-Ferréol ; la fuite de ce canal et une vanne de décharge du canal d'irrigation sont accolées au pont.

D'autres ponts, tel que celui du Ritord, et tous ceux construits sous les chemins entre la tour de Sabran et le souterrain de Pernes, accompagnés de filioles coulant dans les fossés, sont pourvus de siphons, passant sous le canal au droit de la tête aval.

Les ponts, ponceaux et aqueducs par-dessous, offrent encore un grand nombre de dispositions très-variées ; les uns voûtés, les autres dallés ; d'autres encore formés de simples tuyaux en poterie de 0<sup>m</sup>,30 de diamètre. Si l'on excepte deux ponts par-dessous, qui ont coûté 1,800 francs, les autres coûtent de 600 à 1,300 francs.

Les déversoirs avec vanne de décharge coûtent de 1,500 francs à 1,800 francs, suivant le prix des matériaux (fig. 8 à 9, pl. XVIII).

Les résultats obtenus dans les cultures qui profitent dès à présent des eaux d'irrigation donnent amplement satisfaction à toutes les espérances qu'on avait pu concevoir. Les mauvaises garrigues qui, en 1854, se vendaient à grand'peine 200 francs l'hectare, se payaient déjà en 1860, avant la mise en culture, par le seul fait d'être arrosables, 1,200 francs l'hectare. Les bonnes terres des environs de Carpentras, dans la vallée de Lauzon, se louent de 135 à 150 francs l'hectare ; le jour où l'eau y arrive les fermiers se les disputent à 325 et 390 francs l'hectare.

## 2<sup>e</sup> Canal dérivé du Drac, destiné à l'irrigation du bassin de Gap (Hautes-Alpes)

Le canal dérivé du Drac et destiné à l'irrigation du bassin de Gap (Hautes-Alpes) est une des grandes opérations agricoles de ces dernières années ; elle touche à sa fin après de nombreuses vicissitudes. L'histoire en est intéressante. Pour faire connaître l'entreprise, nous commencerons par donner une analyse et des extraits du rapport présenté vers 1860 par M. l'ingénieur Houllier, qui contribua pour beaucoup à faire décider l'exécution du projet. Le plan général du canal et du bassin de Gap est donné par la planche XXII.

*Utilité du canal.* — La création d'un canal à dériver du Drac et destiné à l'irrigation du bassin de Gap est d'une importance vitale pour le territoire du chef-lieu et des communes environnantes. Les populations intéressées s'en préoccupent depuis longtemps. Tout le monde comprend que cette entreprise serait une source féconde de richesses agricoles, et que seule elle peut ouvrir la voie aux autres progrès qu'il est permis d'espérer dans la contrée.

Le bassin de Gap est en général bien exposé, largement développé. Il offrirait l'exemple d'une fertilité remarquable, sans la sécheresse qui se manifeste dès la fin du mois de juin et qui paralyse tous les efforts du cultivateur. Les routes et chemins qui le sillonnent en rendent l'exploitation facile. L'eau seule fait défaut.

*Arrosages anciens du bassin de Gap.* — L'irrigation paraît avoir été, il y a quelques siècles, plus développée qu'aujourd'hui. Un canal dont il reste des vestiges amenait les eaux du torrent d'Ancelles et l'on recueillait celles de la Bâtie-Neuve. Ces ressources n'existent plus. On en attribue l'abandon à la peste, à la guerre et aux incendies qui ont désolé le pays. Sans contester l'influence de ces fléaux, en admettant même qu'autrefois les cours d'eau alimentaires aient été mieux pourvus en été à cause de la présence des forêts sur les montagnes, nous inclinons à penser que ces ressources n'ont jamais dû être bien considérables, et qu'elles resteraient certainement aujourd'hui fort inférieures aux exigences des intérêts actuellement en cause.

Le progrès naturel des idées et la nécessité de suivre l'essor imprimé de toutes parts à l'agriculture ont poussé le public à diriger ses regards vers la Durance ou vers le Drac.

L'émotion a gagné les esprits et on a agité des projets même avant d'être en possession des données qui pouvaient leur servir de base. De là des erreurs que nous voulons détruire, bien que ce point n'offre guère aujourd'hui qu'un intérêt historique.

*Impossibilité d'une dérivation de la Durance.* — Pour amener les eaux de la Durance sur le territoire de Gap, il faudrait, afin d'avoir la pente nécessaire, aborder le cours de la Durance à 910 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. Cette hauteur ne saurait se rencontrer qu'aux environs de la Roche sous Briançon, et non en face d'Embrun, comme on se l'imagine. Entre la Roche et Gap le canal offrirait par suite un développement d'à peu près 90 kilomètres. Il passerait au-dessus de la ville d'Embrun. — Si l'on considère le nombre et la nature des obstacles à traverser, on se convaincra que la dépense serait hors de

proportion avec les bénéfices futurs. Dans ces conditions, d'ailleurs, le canal n'arriverait guère que sur le plateau de Puy-Maure en face de Gap, et laisserait en dehors de son périmètre une portion très-notable du territoire à fertiliser.

Ce projet ne supporte même pas un examen sommaire.

*Dérivation du Drac, seule praticable.* — Reste donc le Drac, dont le cours, bien moins abondant que celui de la Durance, est pourtant alimenté par les neiges éternelles, spécialement la branche de Champoléon.

De ce côté, nous rencontrons encore une idée fausse, accréditée dans le public.

*Jaugeage du Drac, le 20 fructidor an X.* — Un premier jaugeage du Drac d'Orcières seul a été exécuté le 20 fructidor an X.

Le procès-verbal de ce jaugeage constate une section de 4<sup>m</sup>,24 sans indiquer la vitesse, et de plus le volume de la dérivation n'est pas déterminé. Il est entaché d'erreur, car le débit du Drac descend à 550 litres par seconde, et la section à 0<sup>m</sup>,612. Ce volume n'arroserait que 550 hectares, et on se propose d'étendre cet arrosage à 4000 hectares.

La conclusion du procès-verbal a entretenu cette erreur que les eaux du Drac d'Orcières suffisaient, et qu'on pouvait les amener à ciel ouvert. Malheureusement, l'appréciation est entachée d'un vice originel qui infirme toute conclusion.

Sans autre étude sérieuse, la loi du 23 pluviôse an XII vint ordonner l'exécution des travaux, et mit la dépense à la charge de la ville de Gap, des communes et des propriétaires intéressés. Il aurait été pourvu à ces dépenses dans la forme prescrite par la loi du 14 floréal au XI. Un emprunt pouvait être autorisé.

Cette loi avait été sollicitée par les conseils municipaux de Gap, de Romette et de la Rochette après un devis sommaire de 405 000 fr.

M. de Champagny, ministre de l'intérieur (an XIII), promit, au nom de l'Empereur, 100 000 fr., si les intéressés s'organisaient sérieusement.

L'affaire en resta là par le défaut d'entente des propriétaires et par la difficulté de contracter un emprunt.

Le principe de l'association forcée doit être regardé comme la principale cause d'insuccès de cette première combinaison.

*Projet étudié en 1829 par M. l'ingénieur Sévénier.* — Le premier projet précis date de 1829. M. Sévénier suppose encore que le Drac d'Orcières est en état d'alimenter le canal, mais il n'en a pas l'air bien convaincu. Au mois de novembre 1821, il avait calculé un débit de 19<sup>m</sup>,4 par seconde dans ce cours d'eau : cependant il proposa une branche de secours amenant les eaux du Drac de Champoléon.

M. Sévénier suppose une superficie arroisable de 3600 hectares, et admet une dérivation de 1<sup>m</sup>,20 par seconde. Son canal débouche à ciel ouvert dans le bassin de Gap au col de Bayard, et à partir de là se divise en deux branches, qui se dirigent l'une vers les coteaux de Charance jusqu'au torrent de Malcombe, et l'autre jusqu'au village de la Rochette sans le dépasser.

D'après un avant-métré régulier, les dépenses étaient évaluées à un total de 645 000 fr.

Ce projet laisse à désirer sous plus d'un rapport.

Dans le périmètre qu'il embrasse, il y a bien 3600 hectares de terre, mais il faut pour cela renoncer aux cultures non arrosables, telles que les céréales.

De plus, une dérivation de 1<sup>m</sup>,20 par seconde ne desservirait que 1200 hecta-

res et non 3600. — Le prix de revient de l'arrosage serait 537 fr. par hectare, sans compter les rigoles de distribution et les frais d'entretien et de surveillance, dont il n'est pas parlé.

De toute nécessité il faut donc recourir au Drac de Champoléon.

Or, sur le flanc gauche de ce Drac, il existe des talus fort raides, recouverts d'une couche épaisse de pierres sans liaison et détachées des roches supérieures. Ces passages s'appellent des *casses*. L'inclinaison de ces talus atteint la limite d'équilibre; cela résulte de leur mode même de formation.

La mobilité en est extrême, et dans un pareil terrain il faudrait absolument s'enfoncer en galerie dans la roche vive.

Le projet admet, dans ces passages, une voûte de 2060 mètres de longueur, dont les piédroits reposeraient sur le sol inconsistant que nous venons de décrire. Nous ne connaissons pas de moyen propre à garantir la stabilité d'un pareil ouvrage.

Le projet précédent a eu toutefois l'avantage de donner une certaine fixité aux idées.

*Le projet de 1829 a fait naître l'idée d'un souterrain sous la montagne de Gap.*  
— En face de la nécessité de ce souterrain entre les deux Dracs, on s'est demandé s'il ne serait pas préférable d'abaisser le niveau du canal de façon à opérer la prise d'eau au confluent même des deux Dracs, et de passer en galerie sous la montagne de Gap.

Cette galerie offre sans doute plus de développement que celle des casses de Champoléon (2060 mètres); mais c'est le seul inconvénient, et il y a plusieurs avantages.

On économise la construction du canal : 1<sup>o</sup> sur la longueur de 10 200 mètres comprise entre le Drac de Champoléon et un point pris en face de son confluent avec le drac d'Orcières, et 2<sup>o</sup> sur celle qui s'étend depuis l'entrée de la galerie jusqu'au point d'émergence du canal sur le plateau de Bayard. Les frais d'entretien sont diminués : le niveau du canal étant abaissé de 100 mètres, l'eau pourra être mise au service de l'industrie pendant la saison étrangère aux arrosages, ce qui dans le premier cas serait impossible, à cause des neiges et des glaces.

Enfin on est en outre dispensé de la traversée du drac d'Orcières, dont la longueur n'a pas moins de 400 mètres, et pour laquelle rien n'est prévu dans les anciens projets.

Le prix de revient montrera d'ailleurs que ces avantages sont décisifs.

On laisse, il est vrai, une zone de 100 mètres de hauteur en dehors de l'arrosage; mais cette zone ne profiterait guère de l'opération. Ainsi le canal passera encore à 400 mètres de distance et au-dessus du château de Charance. A 100 mètres plus haut, on ne serait qu'arroser des rochers ou un sol peu susceptible de culture, tout en augmentant les frais de construction dans ces terrains abruptes.

*Projet dressé en 1847 par M. l'ingénieur en chef Uhrich.* — C'est à cette idée d'un souterrain sous la montagne de Gap que s'est rallié en 1847 M. l'ingénieur en chef Uhrich, et son projet a servi de base au projet actuel.

La première question à éclaircir était le jaugeage du Drac.

Deux observations de M. Uhrich en septembre 1846, immédiatement à l'aval du confluent, ont donné un débit minimum de 6<sup>m</sup>,88 par seconde.

L'opération fut répétée le 7 septembre 1847 sur les deux branches à l'amont du confluent. L'été avait été peu pluvieux, car du 1<sup>er</sup> juin au 1<sup>er</sup> septembre il

n'était tombé que 0<sup>m</sup>,151 de pluie. La rivière pouvait être regardée comme ayant atteint un de ses étiages les plus bas.

Le jaugeage par la méthode des flotteurs donna 5<sup>m</sup>,47 à la seconde pour le débit des deux branches réunies.

Ce résultat satisfaisant est encore trop faible pour deux raisons : 1<sup>o</sup> sur une petite section, comme celle du Drac d'Orcières, le flotteur s'arrête fréquemment sur les bords ou heurte les gros galets du fond; 2<sup>o</sup> on n'a pas tenu compte d'une dérivation d'au moins 500 litres à la seconde, alimentant une usine située sur la rive gauche du Drac d'Orcières, et rendue au cours d'eau naturel, seulement à l'aval du confluent des deux Dracs.

M. l'ingénieur Houllier s'est livré, en 1859, à des observations de même nature, pendant le mois d'août et dans les circonstances les plus exceptionnelles sous le rapport des basses eaux. En effet, la hauteur de neige tombée à Gap pendant l'hiver n'a été que de 0<sup>m</sup>,762, tandis qu'elle était de 1<sup>m</sup>,137 dans l'hiver 1857-1858, et 1<sup>m</sup>,71 en l'hiver 1859-1860. Le débit du Drac en été dépend essentiellement de la quantité de neige amassée. L'été de 1859 a été excessivement chaud et sec de très-bonne heure. Le peu de pluie tombée (0<sup>m</sup>,044 répartie en 7 jours et 3 séries) est rentrée dans l'atmosphère par l'évaporation ou a été retenue dans le sol par la végétation.

Ces circonstances réunies ont fait que l'étiage d'été de 1859 a été exceptionnellement bas.

Néanmoins, le débit, calculé sur plusieurs sections et par plusieurs méthodes ne s'est pas abaissé au-dessous de 4500 litres pour les deux Dracs réunis.

L'administration ayant prescrit d'assurer 1 litre par hectare et par seconde à chaque souscripteur et la superficie arrosée devant s'élèver à 4000 hectares, le volume à dériver sera de 4000 litres. Ce volume a toujours été disponible dans le Drac en 1859, bien qu'on n'ait jamais vu un étiage aussi bas.

Ici il y a lieu de faire une remarque essentielle : tout en donnant satisfaction aux droits d'arrosage acquis sur le bord du Drac, l'accroissement des ressources de cette rivière, à mesure qu'on descend son cours, est assez rapide pour qu'il reste toujours dans le lit un volume disponible supérieur à celui qui est constaté à la prise d'eau projetée. On pourrait à la rigueur assécher le Drac au confluent sans léser les intérêts des parties basses de la vallée.

En effet, le lit du Drac d'Orcières est fort large et se compose d'une couche graveleuse et perméable d'une épaisseur de 6 à 7 mètres. En pratiquant une galerie souterraine, à l'amont de la prise, en travers de ce lit et au niveau des terrains sur lesquels reposent les graviers, on réunirait la plus grande partie des filtrations, et on en amènerait le produit dans le canal. La pente du lit est supérieure à 2 centimètres, et un pareil travail serait facile.

Ce serait là une ressource considérable qui se rencontre sur beaucoup de rivières des Hautes-Alpes ; au produit apparent de l'étiage, il faut ajouter un débit souterrain considérable qui se fait à travers les sables et graviers dont le lit est encombré sur une grande profondeur. Toutes les eaux visibles peuvent être accaparées, sans que les canaux d'aval soient en souffrance, parce que de nouvelles eaux surgissent du lit dont la pente est très-prononcée.

Les constructions en rivière prouvent à chaque instant l'existence de ces filtrations. Donc le volume d'eau de 4 mètres par seconde, à dériver du Drac, n'a rien qui doive effrayer personne, même en temps de basses eaux. Du reste, il est facile d'introduire dans l'acte de concession une clause ménageant les droits acquis.

*Projet de 1847. Dispositions et dépenses.* — M. l'ingénieur Uhrich plaçait avec raison la prise d'eau au confluent des deux Dracs, mais préoccupé par la pensée d'utiliser le souterrain pour la rectification de la route nationale n° 85, en même temps que pour le canal, il proposa d'établir ce souterrain vers la partie occidentale de la montagne de Gap, du côté du col de Bayard, entre le ravin de Bonne au-dessus de Saint-Laurent (versant du Drac), et celui du Buzon (versant de Gap). Il présenta cependant une évaluation de dépenses pour le canal considéré isolément, et cette dépense s'élevait à 2 190 000 francs.

Le volume dérivé était fixé à 3 mètres par seconde, et supposé devoir suffire à l'irrigation de 4000 hectares; le prix de revient par hectare arrosé s'élevait donc à 547<sup>f</sup>,50.

La cuvette adoptée pour le canal principal avait une largeur au plafond de 2<sup>m</sup>,50, une largeur en gueule de 6<sup>m</sup>,40 et une profondeur de 1<sup>m</sup>,30; avec une pente de 0<sup>m</sup>,005 par mètre, le débit de cette section est d'environ 3 mètres à la seconde.

L'administration ne voulut pas que l'on traitât ensemble la question de route et de canal, et engagea à chercher un projet moins coûteux.

*Projet définitif.* — A l'émergence du souterrain, les eaux doivent être divisées à droite et à gauche, dans des rigoles maîtresses, de manière à former une ceinture à peu près complète autour du bassin de Gap; on pensa en conséquence qu'il y avait intérêt à déboucher dans le bassin avec le moins de charge possible. Cette pensée conduisit, comme le montre le plan général, planche XXII, à entrer en galerie dès le torrent d'Ancelles, à passer sous le col de Manse, et à placer l'issue du souterrain au-dessus de Romette dans une prairie marécageuse située vers la source du torrent de Flodence. Les conditions de construction restant les mêmes, on est fondé à regarder comme une économie presque totale la suppression du canal entre le torrent d'Ancelles et Saint-Laurent, sur 5653 mètres de longueur.

Le prix du mètre de déblai de rocher fut réduit de 35 à 30 francs en évaluation.

Au lieu d'un chemin empierré de 3<sup>m</sup>,50 sur le bord du canal, on projeta une chaussée de 2 mètres sans empierrement. Ce qui permit de réduire considérablement les ouvrages d'art et les murs de soutènement.

Trois casses entre la prise d'eau et le tunnel devaient donner lieu à des cuvettes en maçonnerie de mortier reposant sur maçonnerie sèche; il a été trouvé avantageux de substituer à ce travail un aqueduc couvert fondé sur le terrain solide que la sonde montrait à 1<sup>m</sup>,65 pour le premier point, 3<sup>m</sup>,32 pour le second, 1<sup>m</sup>,42 pour le troisième.

On chercha à réduire le cube des terrassements tout en élevant de 3 mètres à 4 mètres la portée du canal; à cet effet, on résolut d'adopter, pour la cuvette, des talus à 45°; la largeur au plafond était de 2 mètres, la largeur en gueule de 5<sup>m</sup>,20, la profondeur de 1<sup>m</sup>,60, et la hauteur de la tranche d'eau de 1<sup>m</sup>,27. La vitesse moyenne atteignait 0,976.

Pour les ponts-aqueducs, on adopta une largeur aussi réduite que possible, 4<sup>m</sup>,70 entre les têtes, et on se contenta de flanquer la cuvette d'une passerelle en encorbellement de 1<sup>m</sup>,25 de large.

Le projet de M. Uhrich supposait que les têtes du souterrain seraient revêtues en maçonnerie sur 300 mètres de longueur; M. Houllier crut pouvoir réduire cette longueur à 150 mètres; la roche à percer est un calcaire noir, un peu argileux, de la formation du lias; il se délite sous l'influence des intempéries,

et c'est lui que rongent sans cesse et qu'emportent par miettes les torrents des Hautes-Alpes.

La section primitive du souterrain en rocher avait été prévue avec une largeur de 1<sup>m</sup>,80 et une hauteur totale de 2<sup>m</sup>,40, y compris le plein cintre de 0<sup>m</sup>,90 de rayon. On réduisit la largeur à 1<sup>m</sup>,30 et la hauteur à 2 mètres, y compris un plein cintre de 0<sup>m</sup>,65 de rayon. La pente en souterrain fut fixée à 0,005; la vitesse atteignait 2<sup>m</sup>,402, et donnait un débit de 4 mètres avec une hauteur d'eau de 1<sup>m</sup>,35.

Grâce à ces modifications, qui ont produit de bien mauvais résultats, comme on le verra plus loin, on arriva à réduire l'évaluation de la dépense à 1 500 000 francs.

Voici, résumées dans le tableau ci-après, les conditions principales du projet définitif de 1859, conditions que le lecteur pourra suivre sur le plan général du canal :

#### TRACÉ DU TRONC PRINCIPAL.

SUBDIVISIONS DU CANAL.	LONGUEUR.	PENTE DU FOND PAR MÈTRE.	ALTITUDE A L'ORIGINE ET A LA FIN.	OBSERVATIONS.
De la prise d'eau à 300 m. plus loin. . . . .	500	0,0025	{ 1170,75 1170,00	La prise sera au confluent des deux Dracs immédiatement au-dessous. La forte pente favorisera l'introduction.
De ce point à 120 mètres en avant de l'entrée du souterrain, sur la rive gauche du torrent d'An- celles.	12900	0,0005	{ 1170,00 1163,55	Cuvette normale du canal. . . . . Largeur en couronne de la chaussée de droite 2 mètres. Larg. de la chaussée de gauche. . . . . Inclinaison des talus. . . . . Il ne sera fait d'exceptions que dans la traversée des rochers et des casses, le projet définitif indiquera les dérogations.
De ce dernier point à l'é- mergence dans le bassin de Gap. . . . .	3760	0,005	{ 1163,55 1144,75	Ceci comprend sous le col de Manse un souterrain de 5640 mètres. La section, ouverte dans le rocher avec des puits de 100 mètres au plus, sera un rectangle de 1 <sup>m</sup> ,30 de large sur 1 <sup>m</sup> ,35 de haut et surmonté d'un demi-cercle. Sur 150 mètres à chaque tête, il y aura un revêtement en maçonnerie de 0 <sup>m</sup> ,32.
Longueur totale. . .	16960 mèt.			Abaissement total. . . 26 <sup>m</sup> ,000

*Partage des eaux à l'issue du souterrain de Manse.* — Les eaux, reçues dans un réservoir, puis partagées entre deux rigoles maîtresses, seront dirigées à droite vers les coteaux de Charance, et à gauche vers la Rochette et la Bâtie-Neuve. Ces deux rigoles ouvertes à flanc de coteau formeront la ceinture du périmètre du territoire arrosable.

## TRACÉ DE LA RIGOLE MAITRESSE DE DROITE

SUBDIVISIONS.	LONGUEUR.	PENTES PAR MÈTRE.	ALTITUDES A L'ORIG. ET A LA FIN.
De l'issue du souterrain de Manse au torrent de Malcombe. . . . .	9100	0,0005	1144,75 1140,20
Du torrent de Malcombe au ravin situé en deçà du domaine de Quint. . . . .	4000	0,001	1140,20 1156,20
Portion empruntée du lit du ravin de Quint. Chute de 160 <sup>m</sup> ,08. . . . .	»	»	1156,20 976,12
Du ravin de Quint au premier chemin après la limite des communes de Peleautier et de Sigoyer. . . . .	8590	0,001	976,12 967,55
Longueur totale. . . . .	21690 mèt.		Abaissement total. . 177 <sup>m</sup> ,22

## TRACÉ DE LA RIGOLE MAITRESSE DE GAUCHE.

SUBDIVISIONS.	LONGUEUR.	PENTES PAR MÈTRE.	ALTITUDES A L'ORIG. ET A LA FIN.
De l'issue du souterrain au torrent de Font-Bonne. . . . .	4150	0,001	1144,75 1140,60
Portion empruntée du lit de ce torrent. . . . .	»	»	1140,60 854,01
Du torrent de Font-Bonne à la route nationale n <sup>o</sup> 94. . . . .	2200	0,001	854,01 851,81
De la route nationale n <sup>o</sup> 94 aux marais de la Pallue. . . . .	6700	0,001	851,81 845,51
Des marais de la Pallue à Sainte-Marguerite. . . . .	7000	0,001	845,51 838,41
Longueur totale. . . . .	20050 mèt.		Abaissement total. . 306 <sup>m</sup> ,64

## DÉCRET DE CONCESSION DU 11 AVRIL 1863.

Ainsi, d'après le projet, la dépense de premier établissement s'élevait seulement à 1 500 000 francs pour 4000 hectares, soit à 375 francs par hectare arrosé.

Pour compléter les charges, on ajoutait une somme annuelle de 20 000 francs, destinée à subvenir aux frais de personnel, d'entretien et d'administration.

C'est sur ces bases que le canal de Gap fut concédé au sieur X, avec le droit

de percevoir des propriétaires arrosants une subvention annuelle de 23 francs par hectare.

Le décret de concession est du 11 avril 1863. Nous en reproduirons les principaux articles :

ARTICLE 1<sup>er</sup>.

Le Canal du Drac destiné à l'irrigation du bassin de Gap, dans les communes de la Rochette, Romette, Gap, la Freyssinouse, la Roche-des-Arnauds, Manteyer, Pelleautier, Neffes, Sigoyer, la Bâtie-Neuve, la Bâtie-Vieille, Rambaud, Châteauvieux et Tallard, est concédé au sieur X\*\*\*.

La durée de cette concession est fixée à cinquante ans

ART. 2.

Le concessionnaire du Canal du Drac devra exécuter à ses frais, risques et périls, tous les travaux de construction du Canal principal, de tous les canaux secondaires nécessaires pour conduire l'eau à la limite de chaque propriété arrosable, et devra terminer lesdits travaux dans le délai de 7 ans, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1863.

Chaque propriétaire sera chargé de l'entretien de sa prise d'eau spéciale et de l'établissement des rigoles de distribution sur son propre terrain et devra pourvoir à l'écoulement des eaux de colature.

ART. 3.

Le Canal aura son origine au-dessous du confluent des deux branches du Drac, descendant d'Orcières et de Champoléon ; il passera dans le bassin de la Durance au moyen d'un souterrain sous le col de Manse et, à partir du point d'émergence, se partagera en divers embranchements, de façon à arroser le territoire des communes désignées dans le décret de concession, conformément aux indications générales figurées sur les plans sus-visés qui resteront annexés au présent décret.

ART. 4.

Le concessionnaire devra soumettre à l'Administration supérieure, dans le délai d'un an, à dater du jour de la concession, le projet général et définitif tant du Canal principal que de ses divers embranchements.

Ce projet comprendra :

Un plan général à l'échelle d'un dix-millième, sur lequel sera indiqué le tracé des canaux que le concessionnaire devra établir, en exécution de l'article 1<sup>er</sup> ci-dessus,

Un profil en long, suivant l'axe de ces mêmes canaux,

Un certain nombre de profils en travers,

Le tableau des pentes,

Les dessins des principaux ouvrages d'art, notamment de la prise d'eau,

Enfin, un devis explicatif des ouvrages.

En cours d'exécution, le concessionnaire aura la faculté de proposer les modifications qu'il pourra juger utile d'introduire, mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation et le consentement formel de l'Administration supérieure.

ART. 5.

Le volume d'eau à dériver est fixé à quatre mètres cubes, au plus, par seconde, en temps d'étiage. Toutefois, le concessionnaire sera tenu de laisser dans le Drac une quantité d'eau telle que, réunie aux sources ou au produit des cours d'eau qui affluent au-dessous de la

prise, elle suffise aux usagers, ayant des droits antérieurs, lesquels devront, en cas d'insuffisance, être desservis par priorité.

#### ART. 6.

Les eaux non utilisées pour les irrigations, la salubrité ou les usines, seront rendues, en totalité, dans la rivière de la Luye, dans le torrent de Rousines, dans le petit Buëch ou dans les affluents de ces divers cours d'eau, à l'extrémité inférieure du territoire arrosable.

#### ART. 7

Le concessionnaire devra construire et entretenir, à ses frais, des ponts dans tous les endroits où, par suite de ses travaux, les communications existantes se trouveraient interceptées.

Les largeurs de ces ponts, entre les parapets, seront fixées à 9 mètres au moins pour les routes impériales, à 6 mètres pour les routes départementales, à 5 mètres pour les chemins de grande communication, à 4 ou 5 mètres, suivant leur importance et leur largeur classée, pour les chemins de petite vicinalité, et, enfin, à 3 ou à 2 mètres, suivant les besoins, pour les chemins ruraux et d'exploitation.

Ces ponts seront en bonne maçonnerie hydraulique.

#### ART. 8.

S'il y a lieu de déplacer des routes existantes, la déclivité des pentes et des rampes sur les nouvelles directions n'excédera pas 0<sup>m</sup>,03° par mètre sur les routes impériales et départementales, 0<sup>m</sup>,06°, pour les chemins de grande communication, et 0<sup>m</sup>,08°, pour les autres chemins.

L'Administration restera libre toutefois d'apprécier les circonstances qui pourraient motiver une dérogation à la règle précédente.

#### ART. 9.

Les ponts à construire à la rencontre des routes impériales et départementales ne pourront être entrepris qu'en vertu de projets approuvés par l'Administration supérieure.

Le Préfet du département, sur l'avis de l'Ingénieur en chef des ponts et chaussées et après les enquêtes d'usage, pourra autoriser les déplacements des chemins vicinaux et la construction des ponts à la rencontre des chemins

#### ART. 10.

Le concessionnaire sera tenu de rétablir et d'assurer, à ses frais, l'écoulement de toutes les eaux dont le cours serait arrêté, suspendu ou modifié par les travaux qu'il exécutera.

Les aqueducs, buses, ponts-canaux qui seront construits à cet effet, seront en maçonnerie hydraulique ou en fer.

Il sera tenu, en outre, de prendre les dispositions qui seront prescrites par l'Administration pour arrêter, autant que possible, les filtrations d'eau à travers le Canal et pour empêcher ces filtrations de nuire aux parties basses des territoires.

#### ART. 11.

Les barrages, déversoirs et prises d'eau du Canal seront également en maçonnerie hydraulique et en fer.

#### ART. 12.

A la rencontre des routes impériales ou départementales et autres chemins publics, le concessionnaire sera tenu de prendre toutes les mesures ou de payer tous les frais néces-

saires pour que les communications n'éprouvent ni interruption ni entrave pendant l'exécution des travaux. A cet effet, des routes et des ponts provisoires seront construits, par ses soins et à ses frais, partout où cela sera jugé nécessaire.

Avant que les communications existantes puissent être interceptées, les Ingénieurs devront reconnaître et constater si les travaux provisoires présentent une solidité suffisante et s'ils peuvent assurer le service de la circulation.

Un délai sera fixé pour la durée et l'exécution de ces travaux provisoires.

#### ART. 13.

Le concessionnaire pourra employer dans les travaux de maçonnerie dépendant de son entreprise les matériaux communément en usage dans les travaux publics de la localité. Toutefois, les têtes de voûte, les angles, socles, couronnement et extrémités des radiers, seront en pierre de taille.

#### ART. 14.

Tous les terrains destinés à servir d'emplacement au Canal et à ses dépendances, ainsi qu'au rétablissement des communications déplacées ou interrompues et des nouveaux lits des cours d'eau, seront achetés et payés par le concessionnaire.

#### ART. 15.

L'entreprise est déclarée d'utilité publique, et le concessionnaire est investi de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'Administration elle-même pour les travaux de l'Etat. Il pourra, en conséquence, se procurer, par les mêmes voies, des matériaux de remblais et d'empierrement nécessaires à la construction et à l'entretien du Canal et de ses dépendances. Il jouira, tant pour l'extraction que pour le transport et le dépôt des terres et des matériaux, des priviléges accordés par les mêmes lois et règlements aux entrepreneurs de travaux publics, à la charge par lui d'indemniser à l'amiable les propriétaires des terrains endommagés ou, en cas de non-accord, d'après les règlements accordés par le Conseil de Préfecture, sauf recours au Conseil d'Etat, sans que, dans aucun cas, ils puissent exercer de recours, à cet égard, contre l'Administration.

#### ART. 16.

Les indemnités pour occupations temporaires ou détérioration de terrains, pour chômage, modification ou destruction d'usines, pour tous dommages quelconques résultant des travaux, seront supportées et payées par le concessionnaire.

#### ART. 17.

Pendant la durée des travaux qu'il effectuera par des moyens et des agents de son choix, le concessionnaire sera soumis au contrôle et à la surveillance de l'Administration. Ce contrôle et cette surveillance auront pour objet d'empêcher le concessionnaire de s'écartez des dispositions qui lui sont prescrites par le présent décret.

#### ART. 18.

Après l'achèvement total des travaux, il sera procédé à leur réception par un ou plusieurs commissaires que l'Administration désignera. Le procès-verbal du ou des commissaires désignés ne sera valable qu'après l'homologation par l'Administration supérieure.

Le concessionnaire fera faire, en outre, à ses frais, un bornage contradictoire et un plan cadastral du Canal entier et de ses dépendances, depuis sa prise d'eau usqu'à son extrémité aval. Il fera dresser également, à ses frais, et contradictoirement avec l'Administra-

tion, un état descriptif des ponts, aqueducs et autres ouvrages d'art qui pourront exister à cette époque sur tout le parcours du Canal et de ses dépendances.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage du plan cadastral et de l'état descriptif sera déposée, aux frais du concessionnaire, dans les archives de l'Administration des ponts et chaussées.

#### ART. 19.

Le Canal et toutes ses dépendances seront constamment entretenus en bon état et de manière que l'écoulement des eaux soit toujours facile et sûr.

Le Canal devra, en outre, être constamment alimenté pendant la saison des arrosages, sans toutefois pouvoir dépasser, en temps d'étiage, le volume d'eau concédé, et en se conformant à la réserve exprimée à l'article 5 ci-dessus, d'au moins la quantité d'eau nécessaire aux irrigations des territoires que le Canal doit desservir, laquelle quantité sera calculée à raison de six cent quatre mètres cubes d'eau par hectare et par semaine. Dans le cas exceptionnellement rare où, vers la fin de la saison des arrosages, la dérivation possible ne permettrait pas de distribuer aux arrosants tout le volume déterminé ci-dessus, il serait fait entre eux une réduction proportionnelle, sans que pour cela le montant de la redevance à laquelle ils seront soumis en fût diminué.

Le Canal pourra être aussi constamment alimenté, en dehors de la saison d'arrosage, du volume d'eau nécessaire à la mise en jeu des usines qui seraient établies sur son cours, sans toutefois dépasser également, en temps d'étiage, le volume concédé.

L'état dudit Canal et de ses dépendances sera reconnu annuellement et plus souvent en cas d'urgence ou d'accident, par un ou plusieurs commissaires que désignera l'Administration.

Les frais d'entretien, d'alimentation et de réparation, soit ordinaires, soit extraordinaires, resteront entièrement à la charge du concessionnaire.

Pour ce qui concerne cet entretien, cette alimentation et ces réparations, le concessionnaire demeure soumis au contrôle et à la surveillance de l'Administration.

Si le Canal, une fois achevé, n'est pas constamment entretenu en bon état dans toute sa longueur, à partir de la prise d'eau, et suffisamment alimenté, il y sera pourvu d'office, à la diligence de l'Administration et aux frais du concessionnaire ou de ses ayants droit.

#### ART. 20.

Si, dans le délai d'un an, à dater du jour de l'approbation de la concession, le concessionnaire ne s'est pas mis en demeure de commencer les travaux qu'il est chargé d'exécuter et s'il ne les a pas effectivement commencés, il sera déchu de plein droit et sans qu'il y ait lieu à aucune mise en demeure ni notification quelconque, de tous les droits ou avantages qui lui sont conférés par le présent décret.

#### ART. 21.

Faute par le concessionnaire, une fois les travaux à sa charge commencés, de les avoir entièrement exécutés et terminés dans le délai fixé par l'article 1<sup>er</sup>, faute aussi par lui d'avoir rempli les diverses obligations qui lui sont imposées par le présent décret, il encourra la déchéance de tout le canal, à partir de la prise d'eau, et il sera pourvu à la continuation et à l'achèvement des travaux comme à l'exécution des autres engagements contractés par lui, et ce, au moyen d'une adjudication qu'on ouvrira sur les clauses du présent décret, qui servira de cahier des charges, et sur une mise à prix des ouvrages déjà exécutés, des matériaux approvisionnés et des portions du Canal déjà mises en exploitation.

Le concessionnaire évincé recevra du nouveau concessionnaire la valeur que la nouvelle adjudication aura déterminée.

La partie non encore restituée du cautionnement prescrit par l'article 59 ci-après deviendra la propriété de l'Etat.

Si l'adjudication ouverte n'amène aucun résultat, une seconde adjudication sera tentée sur les mêmes bases, après un délai de trois mois ; si, cette seconde tentative restée également sans résultat, une troisième tentative n'aboutit pas, le concessionnaire sera définitivement déchu de tous droits à la concession du Canal et les portions du Canal déjà exécutées ou mises en exploitation deviendront immédiatement la propriété de l'État.

## ART. 22.

En cas d'interruption partielle ou totale de l'exploitation du Canal, l'Administration prendra immédiatement, aux frais et risques du concessionnaire, les mesures nécessaires pour assurer le service.

Si, dans les trois mois de l'organisation du service provisoire, le concessionnaire n'a pas valablement justifié des moyens de prendre et de continuer l'exploitation, et s'il ne l'a pas effectivement reprise, la déchéance pourra être prononcée par le Ministre des Travaux publics.

Les dispositions des deux articles qui précédent, ainsi que du présent article, ne seront point applicables au cas où le retard, ainsi que la cessation des travaux ou l'interruption de l'exploitation, proviendraient de force majeure régulièrement constatée.

## ART. 23.

La contribution foncière sera établie en raison de la surface des terrains occupés par le Canal ou ses dépendances. La cote en sera calculée conformément à la loi du 25 avril 1803.

Les bâtiments et magasins dépendant de l'exploitation du Canal seront assimilés aux propriétés bâties dans la localité et le concessionnaire devra également payer toutes les contributions auxquelles ils pourront être soumis.

## ART. 24.

Des règlements préfectoraux rendus après que le concessionnaire et les propriétaires auront été entendus détermineront les mesures et les dispositions nécessaires pour assurer l'emploi et la distribution des eaux, ainsi que la police et la conservation du Canal, dans toute son étendue, et des ouvrages qui en dépendent. Ces règlements devront être faits le plus tôt possible et avant le délai de trois ans fixé par l'art. 20, sans préjudice des règlements ultérieurs qui pourront être reconnus nécessaires.

## ART. 25.

Le concessionnaire aura le droit de se servir des eaux du Canal et d'en tirer profit pour la mise en jeu des usines qui seront établies sur son cours, à charge par lui de se conformer aux lois et aux règlements sur la police des cours d'eau et de satisfaire avant tout aux besoins de l'irrigation.

## ART. 26.

Pour indemniser le concessionnaire des travaux et des dépenses qu'il s'engage à faire, l'autorisation lui est accordée, pour la durée de cette concession, de percevoir des propriétaires qui voudront arroser une taxe annuelle de 23 fr. par hectare pour les propriétaires qui auront souscrit avant la promulgation du présent décret, et de 34 fr. 50 c. pour tous les arrosants qui s'engageront après la délivrance de la concession.

Les premiers souscripteurs qui voudront par la suite augmenter l'étendue de leurs arrosages seront soumis aux mêmes conditions que les non-souscripteurs, pour toute l'étendue dépassant celle de leur souscription primitive.

## ART. 27.

La redevance annuelle commencera à courir dès la première année où les eaux auront

été introduites utilement dans les canaux par le concessionnaire et amenées sur la limite de la propriété de l'arrosant.

Elle sera soumise aux réserves exprimées dans l'article suivant, exigible par douzièmes et par mois comme les contributions publiques, d'après un ou plusieurs rôles approuvés par le Préfet. Les frais de rédaction et de perception de ces rôles, ainsi que ceux de poursuites, seront, conformément aux engagements des souscripteurs, à la charge des arrosants intéressés.

#### ART. 28.

A l'époque fixée pour l'expiration de la présente concession et par le fait seul de cette expiration, les arrosants, réunis en association syndicale générale, seront subrogés à tous les droits et à toutes les obligations du concessionnaire dans la propriété des terrains et des ouvrages désignés au plan cadastral mentionné dans l'article 18.

Ils entreront immédiatement en jouissance du Canal entier, de toutes ses dépendances et de tous ses produits, à l'exception des usines établies sur ce canal, lesquelles continueront à rester la propriété de ceux qui les posséderont et à jouir des eaux dudit canal conformément à leurs titres.

Le concessionnaire sera tenu de mettre en bon état d'entretien le Canal, les ouvrages qui le composent et toutes les dépendances, y compris les maisons de garde, les bureaux de perception et, en général, tous les objets immobiliers servant à l'exploitation du Canal.

Dans les cinq dernières années qui précéderont le terme de la concession, le Gouvernement, pour la Société des arrosants, aura le droit de mettre saisie-arrêt sur les revenus du Canal et de les employer à rétablir en bon état le Canal et toutes ses dépendances, si le concessionnaire ne se mettait pas en mesure de satisfaire pleinement et entièrement à cette obligation.

Quant aux objets mobiliers, tels que machines, outils, chariots, voitures, matériaux et approvisionnements de tous genres, la Société des arrosants sera tenue de les prendre, à dire d'expert, si le concessionnaire le requiert, et réciproquement, si la Société le requiert, le concessionnaire sera tenu également de les céder à dire d'expert.

#### ART. 29.

Dans le cas où, la concession expirée, il resterait disponible dans le Canal une portion du volume d'eau concédé, la Société des arrosants serait tenue de la délivrer, sans préférence, aux propriétaires qui lui en feraient la demande, à raison de six cent quatre mètres cubes par hectare et par semaine ; ces propriétaires seraient admis dans la Société aux mêmes conditions que les anciens souscripteurs, et le montant de leur cotisation par hectare et par an serait réglé en capital par le syndicat, sauf l'approbation du Préfet, tous les cinq ans ou plus souvent, si cela est jugé nécessaire.

#### ART. 30.

Dans les cas où le Gouvernement ordonnerait ou autoriserait la construction de routes impériales, départementales ou vicinales, de canaux ou de chemins de fer, qui traverseraient le Canal du Brac, la compagnie concessionnaire ne pourra mettre aucun obstacle à ces travaux ; mais toutes les dispositions seront prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service dudit Canal, ni aucun frais pour les concessionnaires.

#### ART. 31.

Pour l'exécution des travaux, le concessionnaire se soumettra aux décisions ministérielles concernant l'interdiction du travail les dimanches et jours fériés.

## ART. 32.

Les agents et gardes que le concessionnaire établira, soit pour opérer la perception des droits, soit pour la surveillance ou la police du Canal et des ouvrages qui en dépendent, pourront être assermentés et seront, dans ce cas, assimilés aux gardes champêtres.

## ART. 33.

Le concessionnaire devra faire élection de domicile à Gap. Dans le cas de non-élection de domicile, toute notification ou signification à lui adressée sera valable lorsqu'elle sera faite au secrétariat général de la préfecture des Hautes-Alpes.

## ART. 34.

Les contestations qui s'élèveraient entre les concessionnaires et l'Administration au sujet de l'exécution ou de l'interprétation des clauses du présent cahier des charges seront jugées administrativement par le Conseil de préfecture du département des Hautes-Alpes, sauf recours au Conseil d'Etat.

## ART. 35.

Le cautionnement de l'entreprise est fixé à soixante-quinze mille francs. Il sera versé dans les caisses du receveur général des Hautes-Alpes, la première moitié avant la signature du décret, et la seconde moitié après. Ce versement sera opéré, soit en numéraire, soit en rentes sur l'Etat, calculées conformément à l'ordonnance du 19 janvier 1825, soit en bons du Trésor ou autres effets publics, avec transfert, au profit de la Caisse des dépôts et consignations, de celles de ces valeurs qui seraient nominatives ou à ordre.

Ledit cautionnement sera rendu au concessionnaire par cinquième et proportionnellement à l'avancement des travaux.

## ART. 36.

Les frais de contrôle et de réception des travaux seront supportés par le concessionnaire, d'après les règlements qui en seront faits conformément au décret du 10 mai 1854.

**Exécution du canal. Difficultés rencontrées.** — Le décret de concession obtenu, les travaux commencèrent bientôt, et on ne tarda pas à reconnaître qu'ils seraient plus difficiles et plus coûteux que le projet ne l'avait supposé.

On rencontra, sur certains points du canal, des terres graveleuses et un sol très-perméable qui nécessitait d'importants travaux pour rendre le canal étanche et prévenir les pertes d'eau. Où l'on avait prévu des déblais de terre ou de roches tendres, on rencontra des terres mêlées de pierres et de blocs de rochers, ou des rochers quartzeux excessivement durs.

Les déclivités considérables des versants rendaient très-pénible l'établissement des tranchées à flanc de coteau; les éboulements augmentaient outre mesure le cube des déblais, qui fut bien supérieur aux quantités prévues.

Le souterrain du col de Manse, qui ne devait être maçonné que sur 150 mètres à partir des têtes, dut recevoir un revêtement en maçonnerie sur toute sa longueur; les parois se délitaien et s'exfoliaient sous les influences atmosphériques, et n'auraient point résisté au courant. Il a fallu boiser les puits d'une manière énergique.

En quelques parties, on rencontra des terrains argileux et mobiles dont la consolidation a exigé des dépenses assez élevées.

Les fondations des ouvrages d'art coûtèrent plus cher qu'on ne l'avait sup-

posé ; l'établissement de la prise d'eau occasionna une dépense égale au double de la somme prévue. Les indemnités de terrain dépassèrent aussi les prévisions.

Dès 1867, M. l'ingénieur en chef Gentil montrait que la dépense dépasserait 2,250,000 francs ; c'est une augmentation de moitié sur la dépense calculée. Le tunnel seul revenait alors à plus de 230 francs le mètre courant.

On voit que l'affaire se présentait sous le plus mauvais jour, et que les redevances futures (23 francs l'hectare) ne pouvaient suffire à payer même l'intérêt des dépenses faites, non compris les avances de fonds et les frais d'administration et d'entretien.

La concession se traina péniblement jusqu'en 1875, et alors, en présence de l'impossibilité pour les concessionnaires de continuer les travaux, le canal fut placé sous le séquestre par un décret du 18 juillet 1873, dont voici le texte :

Le Président de la République française,

Sur le rapport du Ministre des travaux publics,

Vu le décret du 11 avril 1863, relatif à la concession du Canal du Drac, destiné à l'irrigation du bassin de Gap (Hautes-Alpes) ;

Vu la lettre du 19 novembre 1872, par laquelle le Préfet des Hautes-Alpes fait connaître que les combinaisons destinées à assurer la reprise des travaux et l'achèvement de l'entreprise ne paraissent plus avoir aucune chance de réalisation et demande que le Canal soit placé sous le séquestre administratif ;

Vu la lettre en date du 6 juin 1873, par laquelle le concessionnaire accepte la mise sous séquestre ;

Considérant que le concessionnaire se trouve, quant à présent, à raison de sa situation financière, dans l'impossibilité d'assurer l'entretien des ouvrages déjà exécutés et de terminer les travaux restant àachever ;

Considérant que le Canal du Drac a été concédé dans un intérêt public, pour arroser les territoires de quatorze communes, dans le bassin de Gap ; qu'il est du droit et du devoir du Gouvernement d'en assurer la conservation, et que la mesure la plus efficace à prendre à cet effet est de placer le Canal sous le séquestre en réservant tous les droits des tiers ;

Considérant que cette mesure est urgente,

#### DÉCRÈTE :

#### ARTICLE 1<sup>er</sup>.

Le Canal du Drac est placé sous séquestre.

Il sera entretenu sous la direction du Ministre des travaux publics, lequel pourvoira en outre à la continuation et à l'achèvement dudit Canal.

#### ART. 2.

M. de Tournadre, ingénieur en chef des ponts et chaussées, est nommé administrateur du séquestre.

#### ART. 3.

Il sera procédé immédiatement d'une part, par un inspecteur général des ponts et chaussées, à la constatation des travaux du Canal au jour de l'établissement du séquestre, et, d'autre part, par un inspecteur des finances, à la constatation de la situation financière de l'entreprise.

#### ART. 4.

Tous les produits directs ou indirects du Canal seront perçus par l'Administration du

séquestre, nonobstant toutes oppositions ou saisies-arrêts, sauf remise au concessionnaire ou à ses ayants droit de la partie de ces produits qui resterait disponible après avoir pourvu aux frais d'entretien et d'exploitation du Canal.

## ART. 5.

Les droits et les intérêts des tiers sont et demeurent formellement réservés.

## ART. 6.

Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, lequel sera inséré au *Bulletin des Lois*.

Fait à Versailles, le 18 juillet 1873.

Signé : Maréchal de MAC-MAHON.

**État actuel du canal.** — D'après les renseignements qu'ont bien voulu nous donner M. l'ingénieur en chef Fargue, administrateur actuel du séquestre, et M. l'ingénieur Mauris, chargé de l'achèvement des travaux, voici quelle est la situation :

Il a fallu procéder à la réfection du tunnel de Manse, qui n'aurait pu résister, et qui se serait effondré, à la reconstruction d'un certain nombre de ponts et d'aqueducs qui tombaient d'eux-mêmes, à la construction de perrés, de murs de soutènement et de cuvettes maçonnées. En deux endroits, on a déplacé l'axe du canal et on a changé le tracé à ciel ouvert en un passage en galerie à travers les coteaux. A la fin de 1875, une somme de 700,000 francs a déjà été dépensée par l'administration du séquestre. Au commencement du mois d'août 1874, l'eau a été mise dans la branche-mère. On a même fait quelques essais d'arrosage dans le bassin de Gap; mais cela n'a pas duré longtemps. Des éboulements de coteaux se sont manifestés, et il a fallu interrompre la mise en eau pour faire des travaux de consolidation et d'étanchement de la cuvette.

Dans le courant de l'été de 1876, les essais de mise en eau seront poursuivis sur une plus grande échelle. La branche principale, dite de la Roquette, fonctionnera sur presque toute son étendue; celle dite de Charance conduira l'eau jusqu'à près de 10 kilomètres. Mais il faudra s'attendre à de nouveaux accidents causés par l'extrême perméabilité de certaines parties de la cuvette, et par l'instabilité de l'équilibre de certains flancs de montagne.

En somme, on arrivera à surmonter les difficultés, mais on aura doublé la dépense prévue; et, au point de vue de l'entreprise proprement dite, l'affaire sera des plus mauvaises.

**Conclusion.** — Cette étude du canal d'irrigation du bassin de Gap est fort intéressante à plus d'un titre :

Elle montre d'abord que dans les projets de ce genre il ne faut pas s'attacher à réduire les prévisions de dépense; il est toujours facile, sur le papier, et en ne tenant compte que des calculs théoriques, il est toujours facile de réaliser des économies; mais, dans la pratique, ces économies disparaissent bien souvent par suite de causes locales et accidentnelles. Mieux vaut se tenir au large dans toutes les évaluations, car il arrivera presque toujours qu'elles seront néanmoins dépassées.

Un projet de canal ne peut être sérieusement rédigé que si l'on se rend d'abord un compte exact et détaillé de la constitution physique et géologique du sol. On évite par là des fautes analogues à celle qui consiste à prévoir une cuvette

sans revêtement dans un terrain d'une excessive perméabilité, et à prévoir aussi des vitesses d'écoulement considérables sur un sol que la moindre pluie ravine et dégrade profondément.

*Les grands canaux d'irrigation doivent être exécutés par l'État.* — Enfin, la conclusion principale à tirer de cette étude est que les grands canaux d'irrigation doivent être exécutés directement par l'État. Ces travaux présentent trop d'aléa pour être laissés à la charge des propriétaires intéressés ou d'une compagnie concessionnaire. On ne pourra jamais accorder à une compagnie concessionnaire des redevances assez fortes pour qu'elle arrive à amortir son capital de premier établissement et à faire les frais d'entretien. L'entreprise pourra être ruineuse pour la compagnie, tout en étant fructueuse pour l'intérêt général, tout en ayant les caractères d'une œuvre de véritable utilité publique. Au moyen de l'exécution par l'État, ces mécomptes ne sont pas à craindre : on est sûr que les travaux sont bien et rapidement exécutés, et, si les prévisions de dépenses sont dépassées, personne n'y perd, puisque c'est l'État qui est le premier appelé à recueillir les bénéfices de l'accroissement de la fortune publique. • Le principe de l'exécution des grands canaux d'irrigation par l'État, qui en concède ensuite l'exploitation soit à une compagnie, soit aux propriétaires réunis en association syndicale, nous paraît donc le meilleur à tous égards.

### 3. Canal dérivé du Verdon, pour l'alimentation de la ville d'Aix et l'irrigation des communes voisines

**Description générale.** — Le canal dérivé du Verdon, pour l'alimentation de la ville d'Aix et pour l'irrigation des communes voisines, a été concédé à la ville d'Aix, qui l'a rétrocédé à la Compagnie générale des canaux et travaux publics. M. de Tournadre, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a commencé les travaux et a construit en particulier le barrage de prise d'eau qu'il a décrit dans un mémoire inséré aux *Annales des ponts et chaussées* de 1872. Les travaux ont été terminés et menés à bonne fin par notre excellent camarade et ami, M. Bricka, ingénieur des ponts et chaussées. M. Bricka se propose de donner bientôt une description complète du canal et des difficultés qu'en a présentées l'exécution ; aussi n'en ferons-nous ici qu'une description sommaire.

Un décret du 20 mai 1863 a concédé à perpétuité à la ville d'Aix, en Provence, le droit de dériver de la rivière du Verdon un des principaux affluents de la Durance, un volume de 6 mètres cubes par seconde pour le service des irrigations, l'alimentation des habitants et les besoins de l'industrie.

« Le Verdon, dit M. de Tournadre, se jette dans la Durance à 10 kilomètres environ à l'amont du défilé de Mirabeau ; il a sa source dans les versants élevés des Alpes, et est un des plus forts affluents de la Durance. Sa pente, à partir d'Aiguines, est de 0<sup>m</sup>,003 par mètre ; son débit, qui se réduit à 10 mètres cubes par seconde en étiage, s'élève à 1,200 mètres cubes dans les grandes crues. Les eaux sont généralement limpides, cependant elles charrient encore beaucoup de limon pendant les crues, et le relevé des observations faites depuis dix ans accuse environ quatre-vingt-dix jours de troubles par année.

Le lit de la rivière se trouve fréquemment encaissé entre des roches calcaires taillées à pic sur des hauteurs de 50 à 60 mètres, et c'est à l'extrémité : n°

rière d'une de ces gorges profondes, près du village de Quinson, dans le département des Basses-Alpes, que le canal du Verdon dérive les eaux nécessaires à son alimentation. Ce défilé se prolonge à l'amont sur 12 kilomètres de développement dans les mêmes conditions ; et, pour y atteindre le niveau nécessaire à la prise, soit 372<sup>m</sup>,50 au-dessus de la mer, il eût fallu entailler le canal dans ces flancs presque verticaux sur un parcours de 4 à 5 kilomètres, au prix de dépenses et de difficultés considérables. Nous décidâmes, en conséquence, d'amener le canal vers la sortie de ces gorges en relevant la rivière au niveau voulu, et fûmes ainsi conduit à adopter un barrage de 12 mètres de hauteur au-dessus du lit existant. »

Nous décrirons ce barrage dans le chapitre spécial que nous consacrerons aux travaux de ce genre.

L'ensemble du réseau qui forme le canal d'Aix comprend :

- 1<sup>o</sup> Une branche-mère de 82 kilomètres de longueur,
- 2<sup>o</sup> Des branches secondaires sur 150 kilomètres,
- 3<sup>o</sup> Des rigoles de distribution d'une longueur totale de 550 kilomètres.

Si nous descendons la branche-mère en partant du barrage de Quinson, nous rencontrons successivement les ouvrages ci-après :

1. Pont-aqueduc de Beaurivet, de 95 mètres de longueur, dix arches.
2. Le canal suit ensuite les gorges escarpées du Verdon, dans lesquelles il a été difficile de lui ménager un lit ; tantôt il s'enfonce à flanc de coteau en galerie souterraine, tantôt il coule à ciel ouvert dans une cuvette maçonnée, tantôt il est entaillé dans les rochers qui le surplombent.
3. A la sortie des gorges, on ne tarde pas à rencontrer le souterrain de Maurras, de 4,120 mètres de longueur.
4. Sur 5 kilomètres à la suite, le canal suit le vallon de Malouric, le franchit par un pont-aqueduc de 15 mètres de longueur et pénètre dans le souterrain de Ginasservis.
5. Le souterrain de Ginasservis, percé dans un faîte secondaire, a 5,150 mètres de long.
6. Le canal est ensuite creusé à ciel ouvert jusqu'au vallon de Saint-Paul qu'il franchit à l'aide d'un siphon formé d'un seul tuyau de tôle de grand diamètre.
7. Après le vallon de Saint-Paul, on rencontre le petit souterrain de Rians de 425 mètres de long ; à la suite de ce souterrain jusqu'à Meyrargues, la branche-mère se développe à flanc de coteau ; elle coupe par des galeries souterraines les contreforts qu'elle rencontre et traverse au moyen de siphons les vallons correspondants.
8. A la hauteur de Meyrargues, le canal entre dans le souterrain de Pierre-Fiche dont la longueur est de 3,040 mètres.
9. Vient ensuite sur le ravin de Parouvière un pont-aqueduc de 120 mètres de long et de 20 mètres de hauteur.
10. Après un certain parcours à ciel ouvert, le canal traverse encore le souterrain de Saint-Hippolyte (950 mètres de long) et la branche-mère se trouve alors dans le bassin d'Aix, tributaire de l'étang de Berre ; cette branche-mère verse ses eaux dans un bassin de répartition qui alimente les diverses branches de dérivation.

Comme nous l'avons dit, la longueur de la branche-mère est de 82 kilomètres

et la différence de l'altitude entre la prise d'eau et le niveau du bassin de répartition est de 40 mètres. C'est une pente moyenne de 0<sup>m</sup>,50 par kilomètre. En réalité la pente est variable avec les sections ; ainsi que nous l'avons déjà vu au canal d'irrigation du bassin de Gap, on adopte dans les parties faciles à ciel ouvert des pentes faibles et de grandes sections, tandis qu'on rétrécit les sections en augmentant la pente dans les parties rocheuses et escarpées, et surtout dans les souterrains.

Aussi les pentes de la branche-mère du canal du Verdon varient-elles de 0<sup>m</sup>,0002 à 0<sup>m</sup>,0011 par mètre courant. Dans les parties en rocher, la pente est de 0<sup>m</sup>,0008 ; dans les souterrains elle varie de 0<sup>m</sup>,0008 à 0<sup>m</sup>,0011.

La profondeur d'eau varie de 1<sup>m</sup>,50 à 2 mètres ; cette dernière profondeur est adoptée dans les souterrains afin de réduire la largeur et par suite la difficulté d'exécution.

A ciel ouvert, le tirant d'eau est de 1<sup>m</sup>,50 ; la largeur au plafond et la largeur en gueule sont évidemment variables avec la pente, leurs valeurs maxima atteignent 3 mètres et 8<sup>m</sup>,50. Pour maintenir toutes les sections étanches, il a fallu exécuter une cuvette maçonnée sur près de 21 kilomètres. Le travail d'art le plus nouveau, le plus hardi et le plus intéressant du canal, est le grand siphon en tôle du vallon de Saint-Paul. L'administration avait d'abord demandé un siphon double, mais, en exécution, M. Bricka n'a posé qu'un seul tuyau de grand diamètre : il a mis à notre disposition les dessins du projet de double siphon, c'est celui-là que représentent les planches XXIII et XXIV, bien qu'il n'ait pas été exécuté ; mais il ne diffère du siphon réel que par les dimensions, les dispositions sont restées les mêmes. La description suivante, extraite du rapport de M. Bricka, s'applique au siphon simple.

**Siphon en tôle du vallon de Saint-Paul.** — Lors de la construction du canal du Verdon, on établit pour la traversée du vallon de Saint-Paul un siphon souterrain passant à 25 mètres au-dessous de la vallée et dont le rocher revêtu de maçonnerie formait la paroi résistante. A la première mise en charge de cet ouvrage dont la pression s'élevait à 6 atmosphères, une dislocation se produisit sur une longueur de 20 mètres environ. Après une longue et coûteuse réparation, une nouvelle rupture eut lieu au même point le 20 mai 1874. L'aspect des autres parties du siphon restées intactes et l'expérience d'ouvrages analogues qui fonctionnent dans des conditions satisfaisantes semblent indiquer que ces deux accidents ont été produits surtout par les défauts de construction, et qu'une réparation définitive ne serait pas impossible si on franchissait la partie disloquée au moyen de tuyaux en fonte. Mais ce travail eût coûté environ 50,000 francs, on ne pouvait répondre du succès définitif, et le capital considérable engagé dans l'entreprise restait improductif jusqu'à l'achèvement de ce travail.

Pour ces raisons, la Compagnie résolut d'abandonner l'ancien siphon en maçonnerie et de le remplacer par un ouvrage entièrement neuf.

Un pont-aqueduc en maçonnerie eût coûté 400,000 francs, une des piles devant avoir une hauteur de 42 mètres au-dessous des naissances ; la construction exigeait deux ans, et cette dernière considération suffisait seule à faire repousser le projet.

Un siphon en fonte à un tuyau eût coûté au moins 310,000 francs, et un siphon en fonte à deux tuyaux 500,000 francs. Les tuyaux eussent dû être formés d'éléments très-courts (1<sup>m</sup>,50 dans le premier cas, 2<sup>m</sup>,25 dans le second), reliés par des brides ; nous ne connaissons aucun exemple d'ouvrages établis dans ces conditions, et les constructeurs les plus sérieux, consultés à ce sujet, paraî-

saient peu disposés à se charger de cette entreprise qu'ils considéraient comme offrant de très-grandes difficultés.

Pour avoir des dimensions d'un emploi courant, il fallait réduire à 1 mètre le diamètre des siphons et adopter six tuyaux dont le prix se fût élevé au moins à 550,000 francs.

La durée de la construction d'un siphon en fonte ne pouvait être de moins de huit mois.

Un siphon en tôle à un seul tuyau, de 2<sup>m</sup>,30 de diamètre, pouvait être établi dans les meilleures conditions de solidité pour 190,000 francs au plus, sans aucune difficulté de construction; l'absence de joints, la simplicité des supports, l'étendue et l'uniformité des surfaces vues en rendaient la visite et l'entretien très-faciles.

Enfin les ouvrages de cette nature avaient déjà reçu la sanction de l'expérience: il existe sur le canal du Verdon un siphon en tôle de 2<sup>m</sup>,30 de diamètre et 130 mètres de longueur qui fonctionne depuis 1867 dans les conditions les plus satisfaisantes; le service des eaux de Paris a fait établir, pour la traversée de l'Orge par le canal de la Vanne, un siphon en tôle de 1<sup>m</sup>,40 de diamètre qui franchit d'une seule portée une ouverture de 16 mètres sous une charge de 45 mètres d'eau.

La durée d'exécution d'un siphon en tôle ne devait pas dépasser quatre mois.

Ces considérations d'économie, de facilité d'installation, de sécurité et de rapidité, ont décidé la Compagnie du canal du Verdon à adopter un siphon unique en tôle pour le passage du vallon de Saint-Paul.

Ce siphon, établi perpendiculairement à l'axe de la vallée, à 20 mètres au delà de celui qu'il doit remplacer, est formé d'un seul tuyau en tôle de 2<sup>m</sup>,30 de diamètre encastré à ses deux extrémités dans des tours en maçonnerie.

La partie médiane est horizontale et raccordée avec les tours par des parties inclinées suivant des pentes de 0,385 et de 0,364. Aux deux angles formés par la rencontre des parties inclinées et de la partie horizontale, le tuyau est supporté par des appuis fixes: sur le reste de sa longueur, il repose par l'intermédiaire de rouleaux en fonte sur des dés en pierre de taille et des appareils de dilatation de forme spéciale lui permettent de s'allonger et de se raccourcir sous l'influence de la température.

Le tuyau est formé de feuilles de tôle dont l'épaisseur est de 0<sup>m</sup>,01 sur 148<sup>m</sup>,63 et de 0<sup>m</sup>,008 sur le reste de la longueur.

Le travail dû à la pression intérieure reste au-dessous de 3<sup>k</sup>,9 par millimètre carré, et le travail dû à la flexion reste au-dessous de 1<sup>k</sup>,825. La somme de ces deux efforts réunis qui, du reste, sont perpendiculaires l'un à l'autre, ne dépasse nulle part 5 kilogrammes.

Avec des tôles d'une épaisseur supérieure à 0<sup>m</sup>,006, les ravages de l'oxydation sont moins à craindre et peuvent être plus facilement conjurés.

Les feuilles de tôle, d'une longueur égale à la moitié de la circonférence, sont réunies entre elles, dans le sens de la longueur du tuyau, par une rivure à clain et dans le sens transversal par des couvre-joints: on a évité par là toute irrégularité de section pouvant s'opposer au mouvement de l'eau à la rencontre des joints, l'étanchéité est assurée en étirant une des feuilles de tôle pour la pincer entre les deux autres.

Les tôles de 10 millimètres sont réunies par des rivets de 18 millimètres de diamètre et celles de 8 par des rivets de 16: les rivets sont espacés entre eux de 0<sup>m</sup>,05 d'axe en axe, et leur bord extérieur est à 0<sup>m</sup>,025 du bord de la tôle. Ces

dispositions, différentes de celles qu'on rencontre d'ordinaire dans la construction des ponts, ont pour but de permettre le matage des joints nécessaire à l'étanchéité.

Les coudes sont formés de feuilles de tôle embouties; comme elles reçoivent des efforts obliques, on leur a donné de la roideur en doublant la largeur des couvre-joints et le nombre des rivets.

Les supports d'angle sont entièrement fixes et doivent s'opposer à la fois à l'effort exercé par la partie inclinée qui tend à descendre et aux efforts produits par la dilatation.

Les conditions d'équilibre étant différentes lorsque le siphon est plein d'eau et lorsqu'il est vide, on a établi les supports en vue du cas normal où le siphon sera en charge, et une disposition additionnelle en assure la stabilité dans le cas où il sera vide.

Lorsque le siphon est en chargé, le support reçoit à la fois le poids des deux demi-travées qui le touchent et la composante parallèle au terrain du poids du tuyau incliné (on néglige les efforts dus à la dilatation qui varieront suivant la sensibilité des appareils de dilatation et qui, du reste, ne pourront jamais modifier d'une manière inquiétante la grandeur et la direction de la résultante). La chaise sur laquelle repose le tuyau est formée de deux feuilles de tôle roidies par des fers à T, contre-ventées par des cornières et des goussets et reposant, par l'intermédiaire de patins en fonte, sur un lit de pierres de taille perpendiculaires à la résultante des forces (planche XXIV).

Lorsque le tuyau est vide, le poids des deux demi-travées adjacentes au support est diminué de tout le poids de l'eau, soit des  $\frac{1}{6}$  de sa valeur, tandis que la composante parallèle au terrain reste la même. La résultante s'éloigne alors tellement de la verticale que le tuyau serait entraîné, malgré l'obliquité de la surface d'appui. On s'oppose à cet effet au moyen de deux oreilles rivées sur le tuyau d'un bout et s'appuyant d'autre bout, par l'intermédiaire de patins en fonte, sur les culées de deux ponts construits pour le passage des chemins.

Les supports intermédiaires, assemblés sur le tuyau au moyen de cornières, et destinés à recevoir seulement le poids du tuyau, sont formés de deux lames de tôle roidies par des cornières et par un gousset de contre-ventement et reposant, par l'intermédiaire d'un chariot de friction, sur des dés en pierres de taille.

Sur les parties inclinées, les chariots de dilatation tendent à s'échapper suivant la pente, et il faut les retenir sans entraver leur mouvement. On y arrive au moyen d'un levier en fer fixé par une charnière au patin en fonte inférieur, et rattaché au chariot ainsi qu'au patin supérieur par deux œils de forme allongée embrassant des goupilles en fer.

La goupille centrale, celle du chariot, étant au milieu du levier, le chariot qu'elle entraîne avec elle parcourra toujours exactement, lorsque le patin supérieur se déplacera, c'est-à-dire lorsque le tuyau lui-même se déplacera, la moitié du chemin parcouru par celui-ci : le chariot se trouvera donc dans la position qu'il doit occuper si le roulement s'effectue régulièrement.

Les supports sont tous également espacés, sauf ceux qui comprennent entre eux les appareils de dilatation; la distance de ces derniers a été calculée de telle façon que les moments fléchissants extrêmes soient égaux à ceux des autres travées. Le tuyau peut donc être considéré comme encastré sur tous ses appuis. L'espace compris entre chacune des tours et le support le plus voisin a été calculé de telle façon que la collerette en fonte, qui forme l'embase du tuyau, n'ait à supporter aucun effort tranchant.

Les parties de tuyaux comprises entre deux points fixes doivent pouvoir s'allonger et se raccourcir pour obéir aux effets de la dilatation. On arrive à ce résultat au moyen d'un renflement en forme de soufflet dans lequel le mouvement est produit par la flexion de la tôle. Des appareils identiques existent sur le siphon déjà construit sur le canal du Verdon et fonctionnent de la manière la plus satisfaisante.

Les soufflets sont au nombre de trois : un au milieu de la partie centrale et deux aux extrémités supérieures des parties inclinées. On a placé ceux-ci le plus près possible des tours pour diminuer les efforts de traction qui s'exercent sur les maçonneries. C'est dans le même but qu'on y a réduit l'épaisseur de la tôle à 6 millimètres, de manière à augmenter leur flexibilité.

Les dimensions des tours en maçonnerie ont été calculées comme celles des murs de réservoirs, sans tenir aucun compte de la cohésion des mortiers. Le pied des tours a été solidement encastré dans le rocher.

Le raccordement du tuyau en tôle avec les tours se fait au moyen de tuyaux en fonte noyés dans le béton ; ces tuyaux sont à brides intérieures, ce qui permet de visiter et de changer les boulons. Ils sont assemblés, sur la face extérieure de la tour, à une collierette en fonte munie de nervures sur laquelle sont rivées directement les tôles du tuyau.

Un robinet de 0<sup>m</sup>,60 de diamètre permet d'opérer la vidange du siphon dans le ruisseau des Carmes, et un trou d'homme permet l'accès de la partie horizontale ; des escaliers en fer établis dans les puits des tours et une lisse en fer établie à l'intérieur des parties inclinées du siphon permettent de les visiter facilement.

Nous n'entrerons point dans le détail des calculs ; les efforts dus à la pression de l'eau se calculent comme pour une chaudière à vapeur ou un tuyau de conduite, ainsi que nous l'avons expliqué dans deux autres parties de notre *Manuel* ; les efforts dus à la flexion se calculent par les formules relatives à la résistance des poutres droites encastrées sur leurs appuis et supportant une charge uniformément répartie. Nous avons indiqué plus haut la manière de construire la résultante des pressions qui s'exercent sur les supports d'angles. Il n'y a là rien de difficile.

On trouvera, du reste, tous ces calculs ainsi que les détails de l'opération, dans le mémoire que M. Bricka se propose de publier bientôt. Les dessins de nos planches 23 et 24 se rapportent au projet d'un double siphon formé de deux tuyaux de 1<sup>m</sup>,75 de diamètre. C'est le siphon unique de 2<sup>m</sup>,30 de diamètre qui a été exécuté et qui a réussi.

Il a exigé beaucoup moins de temps pour l'exécution et a présenté beaucoup moins de difficultés qu'un siphon double. Ce dernier eût coûté 263,000 francs au lieu de 190,000 ; il entraînait donc une dépense supplémentaire de 73,000 francs ; avec le siphon double, on était conduit à employer des tôles de 0<sup>m</sup>,006 susceptibles de se voiler et de s'oxyder facilement.

Donc, moins de sécurité ; il est vrai qu'en cas d'accident à un tuyau, l'autre restait pour le service. A cela on a répondu que les réparations d'un tuyau en tôle n'exigeaient pas beaucoup de temps, et qu'il y avait dans le canal des parties beaucoup plus dangereuses, telles que des souterrains et des remblais.

**Dépense de construction du canal.** — Dans le projet primitif, la dépense nécessaire à la construction du canal du Verdon avait été évaluée à 8,775,000 francs.

Cette dépense a, paraît-il, été plus que doublée : aussi l'affaire ne semble-t-elle

pas devoir donner les produits qu'on pouvait espérer, bien qu'elle doive réaliser un accroissement sérieux de la fortune publique.

Ce fait vient à l'appui de ce que nous disions en parlant du canal de Gap; l'exécution des travaux de ce genre doit être réservée à l'État, qui a les moyens de les bien faire et de supporter tous les mécomptes, et qui, en somme, trouve indirectement de sérieux profits dans les grandes entreprises d'intérêt général.

#### 4° Des Irrigations en Espagne

Lorsqu'il s'est agi de développer en Algérie le système des irrigations, M. Aymard, ingénieur des ponts et chaussées, reçut la mission de se rendre en Espagne pour étudier les procédés d'arrosage usités dans ce pays. Il a consigné ses observations dans un ouvrage fort intéressant, dont nous nous contenterons de relever ici les points les plus saillants<sup>1</sup>.

**Irrigations de Valence.** — Les irrigations de Valence se font au moyen de canaux dérivés du Turia ou Guadalaviar. Ces irrigations ont produit la huerta, le jardin de Valence, arrosé par huit prises d'eau, réparties en nombre égal sur chaque côté du fleuve. La première est à 11 kilomètres en amont de Valence, à 14 kilomètres environ en amont du port d'El-Grao; la dernière est à 3 kilomètres en amont de Valence.

Les prises d'eau sont assurées au moyen de barrages en maçonnerie, ou plutôt de seuils qui pénètrent à quelques mètres au-dessous du lit de la rivière et n'ont, par rapport à lui, qu'une faible saillie. La pente de leur couronnement est très-faible, et les parements sont revêtus de fortes pierres de taille reliées par des crampons de fer.

Ces barrages, qui datent des Maures, ne déterminent point d'affouillements sérieux, même à l'époque des plus fortes crues. On leur accole un pertuis fermé par des vannes ou des poutrelles horizontales; ce pertuis sert au passage des crues et surtout au flottage.

La figure 3, planche XIV, représente la prise d'eau du canal de Moncada, et la figure 5, celle du canal de Cuart; le couronnement de l'un est un plan incliné, celui de l'autre est un escalier. En A est le pertuis dont nous venons de parler, et en B est un petit bâtiment qui abrite les vannes d'alimentation du canal.

Le débit du fleuve étant représenté par 138 parties, un certain nombre de parties est attribué à chacun des huit canaux, et les orifices sont installés de telle sorte, que la répartition se fait suivant la proportion voulue. C'est sans doute par tâtonnement que les Maures sont arrivés à ce résultat.

« Nous avons vu que partout les répartitions sont faites, dit M. Aymard, non par volumes fixes, mais par parties aliquotes du débit. D'ailleurs, n'est-ce pas là une idée simple et rationnelle? Avec le système de la proportionnalité, chacun jouit de l'abondance des eaux ou souffre de la sécheresse, au prorata des intérêts qu'il a engagés dans l'association, et c'est en somme, ce nous semble, la meilleure des solutions. »

<sup>1</sup> *Irrigations du midi de l'Espagne*, Études sur les grands travaux hydrauliques et le régime administratif des arrosages de cette contrée, par Maurice Aymard, ingénieur des ponts et chaussées, 1864, 1 vol. avec atlas, chez Lacroix, éditeur.

Lors de la visite de M. Aynard, en juillet 1862, le fleuve était à un bon étage normal ; il débitait  $11^{m.c}25$ , et les huit canaux se partageaient ce volume.

Le canal de Moncade, qui jouit d'anciens priviléges royaux, consommait  $1^l22$  par seconde et par hectare ; six autres canaux consommaient de  $0^l73$  à  $0^l98$  par seconde et par hectare. Le canal de la Rovella avait  $2^l21$ , mais il est chargé de laver les égouts de Valence.

L'assoulement biennal se fait d'après la rotation suivante : en mars, on sème le chanvre, qui se récolte au milieu de juillet ; aussitôt après, on sème les haricots, qui se récoltent fin octobre ; en novembre, on sème le blé, qui se récolte en juin ; puis le maïs, qui se récolte fin octobre ; pendant l'hiver, on prépare la terre, qui se trouve prête à recommencer au mois de mars suivant.

On fume deux récoltes sur les quatre, le chanvre et le maïs.

Les terres ainsi arrosées valent, aux environs de Valence, 10,000 francs, et plus loin 6,000 francs l'hectare. Les meilleures terres des parties non arrosées ne dépassent pas 1,000 francs.

Ces chiffres mettent bien en relief toute la valeur de l'eau. Voici les points saillants des règlements de la huerta de Valence :

« L'eau est annexe de la terre. Nul ne peut vendre une terre sans vendre en même temps ses droits à l'arrosage. Nul ne peut vendre son eau isolément, et déshériter, par ce fait, une terre qui en aurait joui jusqu'alors. Cette prohibition s'applique non-seulement aux ventes et cessions définitives, mais encore aux ventes d'un simple tour d'arrosage. »

Tous les intéressés, réunis en assemblée générale, nomment le syndic, qui doit être un vrai laboureur et non un simple propriétaire ; elle nomme aussi les élus qui, avec le syndic, composent le comité d'administration. Les employés et agents sont à la nomination du syndic ou du comité.

La répartition des eaux, lors des sécheresses, se fait par l'intervention incessante du syndic, des élus et des employés. On donne une grande partie de l'eau, ou même le volume entier, aux récoltes qui sont en danger, et qu'il s'agit de sauver par un secours immédiat ; celles qui ne courrent pas de risques sérieux sont privées de leur part d'arrosage.

À Valence, siège, tous les jeudis, sous le portail de la cathédrale, le tribunal des eaux, composé des huit syndics laboureurs : ce tribunal juge les plaintes et contestations des arrosants, prononce les amendes, et statue sur les affaires contentieuses.

C'est là une vieille institution qui ne manque pas de majesté, et à laquelle le peuple de Valence est vivement attaché.

**Irrigation du Jucar.** — Les irrigations par le canal dérivé du Jucar font suite à la huerta de Valence, en remontant le littoral, vers Murviedro.

Il n'y a qu'un canal de dérivation ; sa largeur à la ligne d'eau, le 18 juillet 1862, était de  $11^{m.}50$ , et la profondeur variait de 4 mètres à  $4^{m.}60$  ; le débit atteignait  $25^{m.}80$  à la seconde.

La prise d'eau est obtenue par un barrage en maçonnerie, formant chevron ; sur 158 mètres de longueur, il est en partie normal et en partie oblique au thalweg ; sur 104 mètres il est parallèle au thalweg. Il tend ainsi à rejeter les eaux sur la rive où se trouve la prise d'eau. Il les relève à 4 mètres au-dessus de l'étage, et peut être, lors des crues, surmonté d'une lame déversante de  $3^{m.}25$ .

Ce barrage est établi sur un lit mobile et assouillable. Pour s'opposer aux assouilllements, on a adopté un couronnement à très-faible pente, revêtu en

pierrres de taille reliées par des crampons de fer, suivi d'une risberme en gros blocs maçonnés et d'un tapis d'enrochements de 57 mètres de long. Les enrochements sont enfermés et fixés par un immense grillage en grosses pièces de bois.

On est arrivé de la sorte à un profil dont la longueur totale atteint 90 mètres, et ce n'est pas un exemple à imiter.

Le canal de dérivation est presque toujours en remblai de 2 ou 3 mètres sur la plaine ; il est contenu dans des digues en terre, qui sont parfaitement étanches, quoique n'ayant que 3 à 4 mètres de largeur en couronne. Là où les terres de remblai étaient trop légères, on a eu recours à un revêtement intérieur de 4 mètres de hauteur, avec fruit de 1 mètre, et avec une épaisseur de 0<sup>m</sup>,40 en haut, de 0<sup>m</sup>,80 en bas.

Les torrents que rencontre le canal sont traversés par des siphons souterrains en maçonnerie de pierres de taille. Dans l'un de ces siphons, de 140 mètres de longueur, la dénivellation entre les plans d'eau à l'entrée et à la sortie est de 1<sup>m</sup>,49, ce qui donne une vitesse moyenne de 3 mètres à la seconde ; cette vitesse paraîtra sans doute bien considérable pour des maçonneries ordinaires.

**Irrigations d'Alicante. Barrages, réservoirs.** — Mais ce qu'on trouve de plus curieux, en fait d'irrigation, en Espagne, ce ne sont pas les simples dérivations comme celles que nous venons de citer, ce sont ces barrages élevés qui transforment une vallée en un réservoir dans lequel s'accumulent les pluies d'hiver ; pendant la sécheresse, l'eau emmagasinée dans le réservoir s'échappe peu à peu et maintient dans les parties inférieures de la vallée une humidité bienfaisante.

Ce système des barrages réservoirs est le plus convenable sous des climats comme ceux d'Espagne et d'Algérie, dans lesquels la saison pluvieuse et la saison sèche sont bien nettement tranchées. Sous le climat du nord de la France, il tombe plus d'eau en été qu'en hiver ; les rivières ne connaissent pas la pénurie profonde qui caractérise les cours d'eau de l'Algérie et de l'Espagne. Dans ces pays, en effet, il tombe des masses considérables de pluie pendant une saison, et à cet excès d'humidité succède une sécheresse de plusieurs mois. C'est donc une sage précaution que de mettre en réserve l'eau en excès pour l'employer lorsque le ciel n'en fournit plus.

On constitue cette réserve en barrant les vallées par des murailles élevées qui transforment ces vallées en étangs.

Le plus ancien barrage, construit par les Maures, est celui d'Almansa. Sa hauteur est de 20<sup>m</sup>,69 ; il est enraciné dans les flancs de la montagne, et, à 2 mètres au-dessous de la crête, on a creusé dans le roc un canal qui forme déversoir et qui livre passage aux eaux surabondantes lorsque le réservoir est plein.

A la base du massif est ouverte une galerie de prise d'eau qui a 1 m. de large sur 1 m. de haut. Cette galerie est fermée à l'aval par une ventelle verticale en bronze, laquelle est manœuvrée par une vis en fer mobile dans un écrou fixe ; le tout est placé dans une petite chambre immédiatement au-dessus de la galerie.

La galerie n'est aucunement protégée contre les obstructions et les dépôts qui se produisent pendant les crues ; aussi est-on forcé alors de maintenir la ventelle levée sur une certaine hauteur afin de produire une chasse continue qui s'oppose à la formation des dépôts dans la galerie.

Mais ces dépôts ne s'en forment pas moins à l'extérieur, et au bout de quelques

années le réservoir serait complètement rempli, si l'on ne s'était ménagé les moyens de faire le curage, moyens que nous dirons tout à l'heure en parlant du barrage d'Alicante.

La plaine qui touche Alicante est irriguée ça et là au moyen de norias et de mares, appartenant à des particuliers.

Les norias à manège sont mues par un mullet ; elles se composent de courroies en sparierie, sur lesquelles sont attachés des vases en poterie, qui puissent l'eau au fond du puits et la déversent à la hauteur voulue. Les puits se ramifient à leur base en une série de galeries horizontales qui vont capter les eaux dans les assises aquifères : l'invention de ces galeries mérite d'être signalée eu égard à l'époque à laquelle elle remonte.

Les mares sont des cavités avec revêtements en maçonneries imperméables ; on emmagasine dans ces mares le produit des pluies et les petites sources qu'on peut recueillir et qui, abandonnées à elles-mêmes, ne produiraient qu'un effet insignifiant. — Il y a une de ces mares qui contient près de 20 000 mètres cubes et qui est alimentée par des rigoles dirigées sur les versants voisins de manière à recueillir à l'époque des pluies toutes les eaux superficielles.

Le climat d'Alicante est encore plus sec que celui de l'Algérie et c'est ce qui explique les précautions prises et les dépenses faites en vue de combattre le mal produit par l'aridité du sol.

Au nord d'Alicante se trouve la huerta, dont la superficie est de 3700 hectares ; ses terres irriguées ont une grande valeur, elles renferment en vignobles les crues de Muscatel et de Malvoisie.

Les eaux d'irrigation de la huerta d'Alicante sont empruntées au Rio Monegre dont le cours supérieur est barré par le plus beau barrage de l'Espagne, le barrage de Tibi.

Il est situé au point le plus resserré de la gorge au fond de laquelle coulait le torrent. Sa largeur au fond n'est que de 9 mètres, au couronnement elle atteint 58 mètres. La gorge est de toutes parts formée par des bancs calcaires extrêmement durs.

Le barrage est tout en maçonnerie, figure 1 planche XIV, avec revêtements en pierres de taille dont les faces vues ont 0,90 sur 0,45. Sa hauteur est de 41 mètres et il est profilé en plan suivant un arc de cercle de 107 m. 125 de rayon, ce qui, pour une corde de 58 mètres, fait 4 mètres de flèche ; de la sorte, la maçonnerie forme voûte pour résister à la pression des eaux.

La largeur au couronnement est de 20 mètres ; le parement amont a un fruit régulier de 3 mètres et le parement aval un fruit par gradins de 5,70, ce qui porte à 33,70 la largeur de base.

Ce barrage constitue un réservoir de 3,700,000 mètres cubes, qui donne 1000 mètres cubes pour chaque hectare de la huerta : cela suffit pour deux arrosages par été.

Le barrage est traversé par deux galeries, comme le montrent les figures : l'une est la galerie de prise d'eau, l'autre la galerie de curage.

La galerie de prise d'eau est à peu près horizontale : elle est alimentée par un puits parallèle au parement d'amont, ménagé à 0<sup>m</sup>,60 à l'arrière de ce parement avec un diamètre de 0<sup>m</sup>,80. — Dans le puits aboutissent des barbacanes laissant entre elles 0<sup>m</sup>,40 de maçonnerie pleine dans le sens vertical et 0<sup>m</sup>,50 dans le sens horizontal ; il y a sur une même ligne horizontale deux de ces barbacanes qui sont des rectangles de 0<sup>m</sup>,11 sur 0<sup>m</sup>,22. — De cette manière les eaux peuvent entrer dans le puits, quelle que soit la hauteur de vase accumulée

sur le parement d'amont. — La galerie de prise d'eau est fermée à l'aval par une ventelle en bronze de 0<sup>m</sup>,54 sur 0<sup>m</sup>,70, que l'on manœuvre par une tige à crémaillère et des roues dentées, placées dans une chambre en maçonnerie située au-dessus de la galerie.

— Les eaux torrentielles arrêtées par le barrage entraînent une grande quantité de vase qui se dépose à l'amont, et en quatre ans la hauteur du dépôt atteint 12 à 16 mètres. — On l'expulse par la galerie de curage dont l'orifice amont a une largeur de 1<sup>m</sup>,80 pour une hauteur de 2<sup>m</sup>,70 ; ce goulot va en s'évasant à mesure qu'on descend le thalweg et les vases, compactes à l'entrée, vont sans cesse en se diluant ; aucune obstruction n'est à craindre (fig. 2). — Le goulot est fermé par deux portes : celle d'amont est formée de pièces de bois de 0<sup>m</sup>,30 sur 0<sup>m</sup>,30, placées verticalement, assemblées entre elles à rainures et languettes et calfatées ; elles s'engagent dans deux rainures ménagées, l'une dans le ciel, l'autre dans le radier de la galerie ; une de ces poutres forme clef, on la pose la dernière, aussi est-elle plus courte que les autres et elle ne pénètre pas dans la rainure supérieure. — Après cette première porte, vient une contre-porte, formée de poutres horizontales, placées les unes au-dessus des autres et engagées à chaque bout dans des rainures verticales : la dernière ne touche pas le ciel de la galerie, sans quoi on ne pourrait l'introduire. — Derrière la contre-porte on trouve des poteaux verticaux arc-boutés par des étais, lesquels buttent contre le radier au moyen d'entailles spéciales.

La vase accumulée pendant quelques années à l'amont prend une certaine consistance, ce qui permet de procéder à l'opération suivante, qui, sans cette circonstance, serait fort dangereuse. — Des ouvriers pénètrent dans la galerie de curage, ils enlèvent les étais et la contre-porte ; ils percent un trou dans la première porte pour reconnaître la consistance de la vase, puis ils se mettent à affaiblir les bois peu à peu tout autour de la galerie. — Lorsqu'aucun mouvement ne se manifeste, on brusque l'opération, on scie les bois et on les enlève ; il ne reste qu'une muraille de vase. — Les ouvriers montent alors sur le couronnement, du haut duquel ils font osciller au moyen d'un treuil et d'une poulie une barre à mine en fer, de 0,06 d'équarrissage, de 18 mètres de long, pesant 500 kilogrammes.

A mesure que le trou de mine pénètre dans la vase, la pression de l'eau augmente sur la paroi de vase qui masque la galerie ; la masse vaseuse s'avance peu à peu, puis, tout à coup, l'eau s'ouvre passage et c'est une débâcle des plus violentes. Les eaux continuent la besogne et bientôt elles ont complètement nettoyé le fond du réservoir.

On voit que cette importante opération, exécutée avec précaution, donne par des moyens simples des résultats efficaces et économiques ; elle n'a, paraît-il, jamais donné lieu à aucun accident. On perd, il est vrai, les bois de la première porte ; mais, après quatre ans de séjour dans l'humidité, ces bois n'ont guère de valeur.

Il va sans dire que le curage se fait à l'origine de la saison des pluies.

Le barrage d'Alicante paraît être l'œuvre de l'architecte Herreras, le constructeur de l'Escurial ; il date de la fin du seizième siècle.

**Irrigations d'Elche.** — Elche est une ville située à 22 kilomètres d'Alicante, sur la route de Murcie. Elle a recours pour ses irrigations aux eaux salpêtrées du Rio Vinolapo, eaux impropre à la boisson et même à diverses espèces de végétations ; mais elles conviennent parfaitement au palmier, au grenadier, au caroubier et à l'olivier. Elche fournit des dattes et des palmes aux pays voisins.

Dans le système des irrigations d'Elche nous signalerons le partiteur et le barrage.

**Partiteur.** Le partiteur se trouve en tête de chacun des canaux secondaires branchés sur l'aqueduc principal et à chacun il donne la part qui lui revient dans le volume total. Cette part est variable chaque jour, car l'eau n'appartient pas au sol : elle se vend tous les jours à une sorte de Bourse. — En amont du partiteur (fig. 8 et 9, pl. XIV), l'aqueduc est à peu près horizontal ; il possède une certaine longueur de bajoyers en maçonnerie, de sorte que l'eau se déverse tranquillement comme une nappe de cristal sur le déversoir *b* ; à l'aval est un second déversoir *c* qui détermine un appel constant du courant et empêche le premier déversoir d'être jamais noyé. Entre les deux déversoirs et suivant le fil de l'eau s'avance une dalle verticale *mn*. Si elle existait seule, la répartition des eaux se ferait dans un rapport fixe ; mais elle est garnie à l'avant d'un bec pointu *p*, en bois dur, mobile autour d'un axe vertical et roulant sur le cylindre qui forme la proue de la dalle.

La répartition varie suivant la position qu'on donne à ce bec effilé, et les divers rapports, calculés une fois pour toutes, correspondent à une série de trous percés dans une potence de fer ; avec une broche en fer on arrête le bec au trou convenable.

Il va sans dire que le procédé cesserait d'être suffisamment exact, si le bec pouvait prendre une trop grande inclinaison par rapport au fil de l'eau. — Il faut donc proportionner la longueur de ce bec à l'amplitude de l'angle maximum qu'il est appelé à décrire.

**Barrage.** Le barrage d'Elche, dont la manœuvre est presque identique à celle du barrage d'Alicante, a 23<sup>m</sup>,20 de hauteur, 12 mètres de largeur à la base, un fruit total de 1 mètre à l'amont et de 2 mètres à l'aval. Il est foudé et encastré dans le rocher. — Il est quelquefois surmonté par les crues, comme le barrage d'Alicante, il n'en est résulté qu'une seule fois une brèche sérieuse, et ce fait montre bien toute l'utilité de déversoirs établis en vue de débiter les plus grandes crues.

*Remarque générale sur les barrages d'Espagne.* Nous sommes forcés de nous limiter à ces notions sommaires sur les irrigations de l'Espagne. L'ouvrage de M. l'ingénieur Aymard renferme bien d'autres points intéressants, plutôt administratifs que techniques ; le lecteur pourra se reporter à son livre.

Ce que nous voulions mettre en évidence, c'était l'utilité des barrages réservoirs qui paraissent appelés à rendre de grands services à notre colonie africaine.

« Tous ces barrages d'Espagne, dit M. Aymard, sont en maçonnerie.

Les barrages simplement en terre sont inconnus en ce pays.

Les barrages mixtes en terre et maçonnerie le sont tout autant. On n'a fait en ce genre que l'infructueux essai du Guadarrama.

Tous les barrages existants reposent sur un sol de rocher entièrement incompressible et inaffouillable et sont enracinés dans des rochers de même nature.

Le seul qui fit exception à cette règle était celui de Puentes. Il reposait sur les graviers du lit. Il a été emporté dans les circonstances suivantes : 13<sup>m</sup>,40 de hauteur de vase agglutinée au fond du réservoir, 33<sup>m</sup>,40 de hauteur d'eau au-dessus de la vase. La maçonnerie n'a pas été culbutée, mais le fond a cédé sous la charge. Il faut en conclure que les barrages en terre, quels que soient les soins que l'on apporte à leur exécution, sont tout à fait incapables de résister à

des charges d'eau qui avoisinent 30 mètres. La prudence veut que l'on reste notamment au-dessous de ces limites. »

### 5. Des irrigations en Algérie

La question des irrigations en Algérie trouve naturellement sa place après l'étude des irrigations d'Espagne. — C'est en créant des réservoirs artificiels qu'on peut arriver à la résoudre : il faut emmagasiner les eaux surabondantes de la saison humide pour les utiliser quand vient la sécheresse.

**Irrigations de la Mitidja.** — Dès 1853, M. l'ingénieur Aymard, à qui on doit des études suivies sur les arrosages d'Algérie, a publié sur les irrigations de la plaine de la Mitidja un intéressant mémoire dont nous résumerons les points principaux.

Lorsqu'on s'avance des bords de la Méditerranée vers le Sahara on rencontre près de la côte une première chaîne de montagnes, le Sahel, et plus loin une seconde chaîne parallèle à la première et parallèle à la côte, l'Atlas. Entre le sommet du Sahel et le pied de l'Atlas s'étend la plaine de la Mitidja dont la largeur est de 18 kilomètres et la longueur de 90 kilomètres.

La Mitidja se partage en deux régions différentes : près du Sahel, on trouve la basse plaine qui est marécageuse ; au pied de l'Atlas est la haute plaine, traversée en hiver par des torrents qui se déversent dans les marais d'en bas et qui sont presque entièrement à sec en été. C'est à peine si en été on trouve l'eau nécessaire à l'alimentation des hommes et des animaux.

En 1849, la quantité d'eau envoyée par la montagne à la plaine, sur une étendue de 50 kilomètres, n'atteignait pas pendant la saison sèche 900 litres à la seconde.

« Le mal serait moins grand, dit M. Aymard, si, en compensation de cette disette d'eau, les champs avaient le bénéfice des pluies. Mais, en même temps que les rivières tarissent, les pluies cessent complètement ; et, pendant quatre mois, de juin à septembre, pas un nuage ne vient altérer l'implacable sérenité du ciel. »

La faible quantité d'eau qui coule de la montagne vers la plaine est encore diminuée par les infiltrations dans le sol et par l'évaporation.

Le sol de la haute Mitidja, formé de terrains de transport, est éminemment perméable, et son avidité pour l'eau s'exerce facilement, vu l'extrême division des ruisseaux. — Dans des canaux en terre déjà imbibés, avec pente de 0,025, la perte moyenne par litre pour 1 mètre de parcours a été de

0,00025 lorsque le volume originel était de 10 litres à la seconde.				
0,0001	—	—	30	—

Cette perte comprend les infiltrations et l'évaporation.

Les expériences directes de M. Aymard sur l'évaporation ont montré que l'évaporation horaire moyenne était représentée par une tranche d'eau de

0,000471 dans un vase calme,  
0,000659 dans un vase agité.

Ces chiffres d'évaporation sont comparables à ceux que cite M. de Gasparin, qui indique pour la valeur de l'évaporation horaire moyenne :

A Orange et à Marseille 0<sup>m</sup>0004, à Arles et à Rome 0<sup>m</sup>0005.

En été, les torrents de l'Atlas montrent leur lit à sec parcouru par un mince filet d'eau dont la présence est signalée par des bouquets de tamarins et de lauriers-roses. Pendant la saison des pluies, ces cours d'eau deviennent impétueux et renversent tous les obstacles qu'ils rencontrent. — En effet, sur le chiffre de pluie de 939 millimètres qui tombe annuellement à Alger, 333 tombent d'octobre à mai et les 4 mois de novembre à février fournissent à eux seuls 606 millimètres.

Les ouvrages d'art à établir sur les cours d'eau d'Algérie doivent donc être construits avec les plus grandes précautions, car ils auront à subir en hiver des attaques furieuses et incessantes. — Les dépôts auprès de ces ouvrages ne pourront manquer d'être considérables, vu la nature friable des versants que l'on peut comparer à ceux des Hautes Alpes.

En effet, la Mitidja tout entière est due aux déjections des cours d'eau qui descendant de l'Atlas : la plaine haute a retenu les gros blocs et les graviers, la plaine basse près du Sahel a recueilli la vase.

En été, la plaine basse reste marécageuse et est séparée de la plaine haute par une ligne de sources et de suintements ; c'est suivant cette ligne que paraissent au jour les eaux souterraines qui descendent de la montagne à travers le sol perméable de la plaine haute. — Ces eaux, qui ne produisent qu'un effet nuisible, puisqu'elles ne donnent que des marécages, sont beaucoup plus abondantes que les eaux superficielles, et, convenablement aménagées, elles pourraient offrir aux irrigations une ressource précieuse : leur existence est révélée par les puits que l'on ouvre à travers le sol perméable de la Mitidja supérieure.

La figure 3, planche XXI, coupe en travers de la Mitidja, fait bien comprendre ce phénomène de l'écoulement souterrain que nous avons eu déjà plus d'une fois l'occasion de signaler.

Le volume qui s'écoule dans le sol, en été, est incomparablement supérieur à celui qui prend un cours superficiel.

Pour utiliser ces eaux souterraines, qui ne paraissent pas former une nappe soutenue, mais qui cheminent sans doute par filets séparés, il y aurait lieu d'établir des galeries filtrantes souterraines, à peu près parallèles au pied de la montagne, et dont le radier se trouverait à la surface de séparation des assises perméables et des assises imperméables.

Dans ces galeries filtrantes viendraient s'embrancher normalement des galeries de prise d'eau, dirigées suivant la pente des versants, pente qui est de 0,02 ; après un parcours peu étendu, ces galeries déboucheraient au jour et amèneraient sur le sol les eaux captées dans les profondeurs de la terre.

— Nous ne savons si ce projet a reçu un commencement d'exécution ; en tous cas, il est logique et a pour lui la sanction de l'expérience car il est appliqué depuis longtemps dans les cariz de la Perse, dont M. de Gasparin donne la description suivante :

« Quand les terrains que l'on veut arroser se trouvent sur la pente d'une colline, et que l'on a reconnu les points qui peuvent renfermer des sources ou des dépôts d'eau, on creuse, au bas de la pente, un puits très peu profond ; puis, en remontant la pente, un autre puits plus profond ; on creuse ainsi une foule de puits que l'on met tous en communication par une voie souterraine. La profondeur de ces puits augmente à mesure que l'on remonte la colline, et on

a soin de les disposer de façon que le canal souterrain ait une déclivité vers la plaine. La communication entre deux puits n'est ouverte définitivement que quand le puits supérieur est creusé entièrement. Alors, les eaux trouvées au fond de chaque puits se dirigent par le canal dans le puits inférieur. Si elles le surmontent, on arrose directement le sol ; sinon, on y puise l'eau au moyen de machines, pour la verser dans un conduit qui la transmet aux champs. »

**Pratique des arrosages en Algérie.** — Tout le monde sait, dit M. Aymard, que la sécheresse est une des plus grandes plaies de l'Algérie ; que les moyens d'irrigation y sont rares ; que, dans toutes les localités où on peut arroser, la transformation du sol est radicale ; que le moyen le plus efficace pour assurer en abondance à ce pays les eaux d'arrosage que la nature lui a refusées consiste à emmagasiner les eaux d'hiver dans les vallées converties en réservoirs, partout où ces vallées présentent des dispositions avantageuses, tant sous le rapport de l'assiette du barrage que sous celui du réservoir proprement dit.

— Deux données importantes du problème, au point de vue pratique et économique, sont les suivantes :

1<sup>o</sup> Quelle est pour chaque nature de culture le volume d'eau nécessaire en Algérie, pendant la saison d'arrosage ?

2<sup>o</sup> Quelle est la taxe d'arrosage qu'il est permis d'imposer à l'agriculture en faveur des compagnies concessionnaires de la vente des eaux, sans risquer de paralyser le développement des irrigations ?

Telles sont les deux questions que M. l'ingénieur Aymard avait été chargé d'étudier et de résoudre. Les résultats détaillés de ses recherches sont consignés dans un mémoire publié en 1870 dans les Annales des ponts et chaussées. — Il a opéré par les moyens les plus simples : à chaque arrosage, il jaugeait le volume employé au moyen de petits barrages en déversoir et il s'enquérait, auprès de cultivateurs expérimentés, du nombre d'arrosages nécessaire à chaque espèce de culture.

*Conditions d'un bon arrosage.* — En principe, un arrosage doit consister à humecter la racine de la plante et non à humecter le sol d'une manière indéfinie.

C'est donc une pratique vicieuse que de remplir un bassin jusqu'à la crête des bourrelets ; on donne ainsi aux plantes un excès d'humidité, on rend la terre compacte, et on consomme en pure perte un grand volume d'eau.

« Un bon arroseur procède différemment : aussitôt que, dans le sillon ou la table qu'il arrose, l'eau se trouve arrivée à une certaine distance de l'extrémité aval, il estime que la queue d'eau suffira pour arroser cette extrémité, et il coupe immédiatement l'eau pour la jeter dans la table ou dans le sillon voisin. »

Un arrosage ne peut être exécuté dans de bonnes conditions que si les eaux courent et ne restent pas stagnantes. D'où la nécessité de pentes accusées pour les champs. — La pente la plus convenable paraît être celle de 0<sup>m</sup>02 par mètre.

— Les irrigations par infiltration sont excessivement rares en Algérie ; en général, on procède par submersion comme nous venons de le dire ; et ce système permet de consommer beaucoup moins d'eau qu'il n'en faudrait avec l'arrosage par infiltration.

On a soin du reste de ne submerger que la surface qui en a réellement besoin : ainsi on procèdera par nappes continues pour les prairies et les semis ; mais, s'il s'agit de culture par billons, on ne mettra l'eau que dans les creux et on évitera de mouiller les bourrelets ; tel est le cas des légumes, du maïs, du

tabac, du coton; enfin, lorsqu'il s'agit d'arroser des arbres, on amène l'eau uniquement dans les cuvettes ménagées au pied des arbres, tels que les orangers, les oliviers.

Le débit le plus convenable du canal alimentaire est de 8 à 10 litres à la seconde, et la longueur des sillons ne doit pas dépasser 20 mètres, la pente longitudinale étant de 0,02.

Dans ces conditions, un homme seul suffit à l'arrosage.

Avec un débit moindre, l'eau ne court pas bien; elle met trop de temps à parcourir la planche, elle reste stagnante et il y a une plus forte consommation.

Avec un débit plus fort, il faut le fractionner, ou bien il y a gaspillage d'eau; les arroseurs ne peuvent suffire et se laissent gagner par l'eau.

Si la longueur du sillon est inférieure à 20 mètres, le filet arrive au bas du sillon avant que l'arroseur ait eu le temps d'ouvrir le sillon voisin; d'où excès d'eau dans le bas et consommation inutile.

Si la longueur est supérieure à 20 mètres, l'eau circule mal au delà de cette distance, il lui faut beaucoup de temps pour arriver au bout et il s'en consomme inutilement une grande quantité dans les parties humectées tout d'abord.

En ce qui touche la consommation, elle dépend très-peu de la nature physique du sol: un terrain graveleux ne se fendille pas par la chaleur et se recouvre dès le premier arrosage d'un limon léger formant une légère croûte peu perméable; entre deux arrosages, un terrain argileux se crevasse profondément et, lorsqu'on y met l'eau, il s'en perd beaucoup dans les crevasses. — Les façons données à la terre, les amendements, les fumiers, ont pour effet d'effacer les différences physiques de la superficie, de sorte qu'en résumé il s'établit une véritable compensation et il est inutile de tenir compte de la nature du sol lorsqu'on s'occupe de la consommation.

Les tableaux suivants résument la consommation d'eau dans les divers genres de culture :

#### 4° PROVINCE D'ALGER.

Arrosages par nappes..	Luzerne.	400 m. c. à l'hect. par arrosage.	1 arrosage tous les 15 j.
— par billons..	Tabac, maïs, jardinières, coton, betteraves, vignes.	Idem	Rotation variable suivant les cultures comme il sera dit ci-après.
— par cuvettes.	Orangeries.	Idem	1 arrosage tous les 15 j.

## 2° PROVINCE D'ORAN.

Dans la plaine de Saint-Denis du Sig, la consommation est à peu près la même que dans la plaine d'Alger. — Mais les terrains sablonneux de Mostaganem, et les terrains noirs, salés et argileux, de Relizane, exigent 800 mètres cubes à l'hectare pour un arrosage par nappes et 600 mètres cubes pour un arrosage par billons.

On conçoit que la quantité d'eau pour un arrosage dépend surtout de la disposition du sol, planches régulières, billons ou cuvettes, et non de la nature de la culture ; mais c'est dans le nombre des arrosages que celle-ci intervient, et il y a des plantes qui demandent à être arrosées beaucoup plus souvent que d'autres.

Nous examinerons successivement les diverses espèces de cultures.

*Luzerne.* — Les prairies permanentes, comme celles de France, n'existent pas en Algérie. A la suite de l'hiver et du printemps pluvieux, toutes les terres se couvrent d'une abondante verdure qui sert de pâtrage jusqu'aux grandes chaleurs. Dans la partie basse de la Mitidja, on trouve bien une prairie permanente, mais elle ne donne qu'une coupe par an, quels que soient les soins dont on l'en toure, en dépit des arrosages et du fumier ; on a semé les herbes d'Europe, mais elles n'ont pas tardé à disparaître.

La prairie artificielle, la luzerne, a au contraire parfaitement réussi, grâce à ses racines pivotantes qui vont chercher l'humidité dans les profondeurs du sol. Elle donne six coupes, une par mois, de fin avril à fin septembre. Chaque coupe produit 20 à 25 quintaux, soit en tout 135 quintaux qui, à 6 francs, font un produit brut de 800 francs.

Les frais annuels n'atteignent que 400 francs, y compris 60 francs pour la main d'œuvre de dix arrosages.

La luzerne fleurit six fois, de fin avril à fin septembre ; on la coupe après chaque floraison ; un arrosage suffirait à la rigueur après chaque coupe ; mais, pour avoir une bonne récolte, il faut deux arrosages après chaque coupe, soit dix arrosages en tout, car il n'y en a pas besoin après la dernière coupe.

La consommation annuelle est donc de 4000 mètres cubes par hectare, soit une consommation continue de 0<sup>11</sup> 30, en supposant que l'on prenne pour l'arrosage les précautions ci-dessus indiquées.

Ce chiffre est bien au-dessous de celui qu'on atteint en Provence, où les luzernes ne sont pas réglées par tables inclinées limitées à des bourrelets, où la pente est nulle ou insuffisante, où l'eau est livrée à un gaspillage continu.

*Cultures maraîchères.* — Les petits légumes s'arroseront deux fois par semaine, les gros une seule fois par semaine ou même tous les dix jours. En moyenne, il faut compter sur six arrosages par mois.

Cette proportion dure pendant les six mois de sécheresse.

Pendant les six mois de la saison humide, il est prudent de compter encore sur trois arrosages par mois.

36 arrosages, pendant six mois d'été, donnent, à raison de 800 mètres cubes par arrosage, 14 400 mètres cubes à l'hectare, soit un débit continu de 0<sup>11</sup> 95 par seconde et par hectare.

A Tlemcen, un jardin très-bien tenu, de 2 hectares, a donné un produit brut

de 3400 francs pour une dépense de 1800 francs, non compris le travail de la famille du jardinier; le dépense étant de 1800 francs, il est resté un produit net de 800 francs par hectare.

*Maïs.* — Se sème courant avril, sur une terre billonnée. — Quatre arrosages : 5 et 25 mai, 15 et 30 juin — se récolte vers le 15 juillet.

Les 4 arrosages consomment 1600 mètres cubes en deux mois, soit un débit continu de 0<sup>111</sup> 31 à la seconde.

Le revenu brut est de 420 francs et la dépense de 130 francs.

*Orangers.* — Il faut pendant les six mois de saison sèche 12 arrosages à 400 mètres cubes, ce qui fait un débit continu de 0<sup>111</sup> 31 à la seconde.

Une bonne orangerie de Blidah, de 1 hectare de superficie, a donné 60 000 oranges et mandarines vendues 2500 francs. La dépense a été de 800 francs, d'où un bénéfice net de 1700 francs. Mais l'orangerie vaut 10 000 francs dont l'intérêt à 10 % est de 1000 francs, et il ne reste qu'un bénéfice de 700 francs.

Au pied de chaque arbre est une cuvette de 1<sup>m</sup> 50 à 2<sup>m</sup> de diamètre, fumée tous les ans et binée cinq fois.

*Tabac.* — Les semis de tabac se transplantent vers le 15 avril, premier arrosage ; 15 mai, un piochage et un arrosage ; 15 juin et 15 juillet, un arrosage. La récolte se fait en août.

Donc, quatre arrosages ou 1600 mètres cubes en 3 mois, soit un débit continu de 0<sup>111</sup> 20 à la seconde et à l'hectare.

*Vigne et olivier.* — En France, la vigne n'a pas besoin d'être arrosée. En Espagne et en Algérie, elle souffre fréquemment de la sécheresse, et il faut compter sur un arrosage de 1200 mètres cubes pendant trois mois de saison sèche, soit un débit continu de 0<sup>111</sup> 15.

L'olivier s'arrose régulièrement tous les mois à Tlemcen. En Kabylie, il ne s'arrose pas.

*Taxe d'arrosage.* — D'après les calculs de M. Aymard, l'agriculteur peut supporter une taxe de 8 francs par arrosage de 400 mètres cubes ; ce qui revient à dire qu'on peut taxer à 0 fr. 02 le prix du mètre cube d'eau.

C'est d'après cette évaluation que les compagnies concessionnaires doivent établir leurs calculs de premier établissement.

*Barrage du Chéliff.* — Sur 200 kilomètres à l'amont de son embouchure à Mostaganem, le Chéliff coule dans une plaine presque parallèle au rivage. Sur 12 kilomètres de longueur, cette plaine est interrompue par des gorges profondes et resserrées ; sur les dix premiers kilomètres, ces gorges forment un goulot continu et uniforme.

C'est à 4 kilomètres de l'origine de ces gorges qu'on a construit, en travers de la vallée, un barrage de 11<sup>m</sup> 75 de hauteur, destiné à retenir l'eau nécessaire à l'irrigation de 12 000 hectares de terre.

Le débit minimum du Chéliff, de juillet à septembre, ne descend pas au-dessous de 1500 litres par seconde ; d'avril à octobre, ce débit varie en général de 3 à 5 mètres cubes. Le débit des crues ordinaires est de 400 mètres cubes, et celui des grandes crues atteint 1100 mètres cubes ; le courant pourra alors surmonter de 3 mètres le couronnement du barrage.

Le plan d'eau s'étend jusqu'à 10 kilomètres à l'amont, lorsqu'il affleure le couronnement, et l'emmagasinement atteindrait 5 millions de mètres cubes si l'on pouvait empêcher les envasements et les dépôts à l'amont.

Le canal de prise d'eau est exécuté avec une pente de 0<sup>m</sup>, 00033 par mètre ;

les terrassements sont effectués en vue d'un débit de 3000 litres à la seconde et les travaux d'art en vue d'un débit de 9000 litres afin de réserver l'avenir.

L'exécution de cet ouvrage a présenté de grandes difficultés. Nous l'examinerons au point de vue théorique et pratique lorsque nous étudierons les murs de réservoirs dans le Traité de navigation.

**Irrigations de l'Habra.** — Les travaux de colonisation exécutés dans la plaine de l'Habra (province d'Oran) par une compagnie aidée d'une subvention de l'État sont parmi les plus importants et les plus remarquables. M. l'ingénieur des ponts et chaussées Pochet en a rendu compte dans un mémoire très-intéressant, publié en 1875; nous ne les examinerons ici qu'au point de vue de l'irrigation proprement dite.

L'Algérie présente sur toute sa longueur le relief que nous avons déjà indiqué en parlant de la Mitidja: sur le bord de la mer, on trouve une plaine, le Tell, dont les cours d'eau se jettent dans la mer; après le Tell, vient une première chaîne de montagnes, au-dessus de laquelle on rencontre les grands plateaux; la Mitidja en fait partie, l'altitude des hauts plateaux varie de 600 à 1200 mètres et leurs cours d'eau se perdent dans les lacs intérieurs ou chotts; les hauts plateaux sont limités, au sud, par la chaîne de l'Atlas, dont l'altitude varie de 1800 à 2500 mètres. Après l'Atlas vient le Sahara ou grand désert, dans lequel il n'existe point de cours d'eau permanents.

La richesse des hauts plateaux est l'alfa, plante textile qui y croît à l'état naturel et dont l'exploitation prend un développement considérable.

Le Tell, dit M. Pochet, est la seule région algérienne que nous ayons intérêt à coloniser et à développer.

Tous les cours d'eau algériens ont une allure torrentielle; leur bassin est dénudé et soumis à une évaporation considérable. Il y a dans l'année deux saisons: la saison des pluies, d'octobre en mai, et la saison sèche pendant laquelle toutes les cultures deviennent arides et périssent si on ne peut les arroser.

L'Habra débite d'ordinaire 3 mètres cubes en hiver; en été, son débit tombe à 500 ou 600 litres; lors des crues, il atteint 700 mètres cubes. Le débit moyen ne correspond guère qu'au  $\frac{1}{7}$  de la pluie tombée; cette proportion a été vérifiée pour le Sig; en France, le rapport du débit à la pluie tombée varie de  $\frac{1}{8}$  à  $\frac{1}{2}$ .

« La question de l'eau est, en Algérie, la question vitale pour la colonisation, et malheureusement la nature a tout fait pour la rendre plus difficile que dans tout autre pays. »

« Du moment où il est reconnu que l'eau manque dans les cours d'eau pendant l'été et que cette eau abonde en hiver, que d'un autre côté les cultures arrosées pendant l'été sont les plus productives, il n'y a qu'un pas à faire pour concevoir le projet d'emmagasiner les eaux dans des réservoirs pendant l'hiver pour les distribuer pendant l'été. La réalisation de cette idée est subordonnée à la possibilité de trouver le long du cours d'eau un réservoir large et profond fermé par un défilé très-étroit et solide pouvant offrir au barrage de bonnes fondations. Toutes les rivières ne présentent pas un ensemble de circonstances assez favorables pour l'exécution d'un barrage-réservoir, et ce n'est qu'à la suite de recherches géologiques et topographiques fort longues qu'on arrive à trouver un emplacement convenable. Le barrage de l'Habra nous offre un exemple de ces difficultés. Son emplacement avait été fixé d'abord à 5 kilomètres environ en amont de sa position actuelle. Dans cet emplacement on trouvait un lit de rochers de grès solide d'une longueur de 100 mètres au plus, se terminant en entonnoir à la base, profil à peu près analogue à celui du barrage du Furens.

Mais, dans cette situation, la réserve du barrage était trop faible et ne répondait pas à la complète utilisation du cours d'eau. »

Pour augmenter la réserve, on descendit l'emplacement à l'aval d'un affluent important, mais le développement du barrage atteignit 450 mètres.

Par cette solution coûteuse, on créait une réserve de 30 millions de mètres cubes.

Les travaux furent mis en adjudication : l'État abandonnait 24,100 hectares de terrains domaniaux et l'adjudicataire s'engageait à exécuter :

- 1° Le barrage réservoir de l'Habra, en Lonne maçonnerie hydraulique.
- 2° Le dessèchement de la plaine de la Macta.
- 3° Les canaux pour l'irrigation des terrains à aliéner.

L'adjudicataire disposerait en outre des  $\frac{1}{3}$  de l'eau disponible, le dernier tiers étant réservé à 12,000 hectares précédemment aliénés.

La société anonyme de l'Habra et de la Macta fut déclarée adjudicataire en 1865.

Nous décrirons le barrage de l'Habra en même temps que les autres ouvrages de ce genre, dans le Traité de Navigation, et nous terminerons en donnant des détails sur la manière dont on procède aux irrigations dans la plaine de l'Habra :

En Algérie, l'administration a posé le principe, que nous avons déjà signalé en plusieurs points de l'Espagne, à savoir l'annexion de l'eau à la terre; il n'est pas permis de vendre l'une sans l'autre.

M. Pochet donne pour les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation dans la province d'Oran les chiffres suivants qui diffèrent peu de ceux de M. Aymard :

1° Les cultures d'été, coton, maïs, lin, sésame, etc., s'arroSENT pendant cinq mois, mai à septembre, et exigent un débit continu de  $\frac{1}{3}$  litre à la seconde et à l'hectare, réparti en dix arrosages de 0<sup>m</sup>,064 d'épaisseur chacun. Cette épaisseur de 0<sup>m</sup>,06 par arrosage paraît nécessaire, même en France, pour imbibier la terre. En Algérie les colateurs sont inutiles, l'eau est entièrement absorbée ou le surplus s'écoule dans les canaux des parcelles d'aval.

2° Les cultures d'hiver, céréales et fourrages, exigent, année moyenne, un débit continu de  $\frac{1}{6}$  de litre à la seconde et à l'hectare, débit réparti en trois arrosages par submersion de 0<sup>m</sup>,10 de hauteur chacun.

Donc, si une propriété jouit d'un débit continu de  $\frac{1}{3}$  litre pendant toute l'année, elle pourra renfermer 3 hectares de culture d'hiver et 1 hectare de culture d'été.

*Système de Distribution.* — « Le volume total de l'eau à distribuer, dit M. Pochet, est d'abord partagé entre deux ou plusieurs canaux principaux dans la proportion des superficies desservies par ces canaux. Cette division se fait au moyen de déversoirs placés dans un bassin commun, en un mot au moyen d'un partiteur.

Le terrain à irriguer est divisé en sections d'une contenance uniforme et chaque section a un canal spécial de distribution appelé canal secondaire qui reçoit l'eau de son canal principal au moyen d'un partiteur semblable au partiteur général.

Le volume d'eau disponible étant ainsi réparti entre toutes les sections proportionnellement à leur superficie irrigable, il n'y a plus qu'à distribuer l'eau dans chaque section aux différentes parcelles qui doivent l'utiliser.

L'expérience a prouvé que, pour éviter tout conflit, il faut que sur le même

canal il n'y ait jamais qu'un seul irrigant à la fois ; on admet donc que chaque propriétaire aura la faculté de prendre *le débit total du canal secondaire* pendant un temps proportionné à la superficie de son terrain. C'est aux intéressés à utiliser le volume qui leur est attribué de la manière qui leur paraît la plus convenable. La semaine est prise pour unité de temps ; chaque fraction de section reçoit donc l'eau chaque semaine pendant un certain nombre d'heures indiqué à l'avance.

*Détermination des sections.* — Quant à l'étendue des sections, les considérations suivantes servent à la déterminer ; puisque le débit total de chaque canal secondaire doit être successivement employé par chacun des irrigants, il faut que ce débit soit tel qu'un seul irrigant puisse l'aménager ; c'est à l'expérience à l'indiquer.

Dans les premières irrigations, le débit des canaux secondaires était faible ; on n'avait pas encore l'expérience de l'irrigation. A Saint-Denis du Sig on avait établi le réseau des canaux d'irrigation de manière que chaque canal secondaire débitait 15 litres pour la zone des jardins et 25 ou 30 litres pour la culture de la plaine ; mais les cultures de Saint-Denis du Sig sont relativement très-dispersées, et il est reconnu aujourd'hui par les usages que l'eau arrive trop lentement et par suite que le débit des canaux secondaires est trop faible.

Dans les concessions de l'Habra, on emploie 35, 40, 50, 60 litres par section ; à Relizane, de 80 à 100 et même 110 litres ; enfin, il y a quelques années, les syndicats de la province d'Oran furent consultés sur la question de savoir quel était le débit à admettre dans les canaux secondaires ; leur avis fut qu'en général les débits étaient trop faibles et qu'il était bon de les augmenter en adoptant comme maximum 120 litres.

A ces faits d'expérience, nous ajouterons les remarques suivantes : Dans les petites exploitations, le personnel est peu nombreux, les parcelles sont petites, il n'est pas possible d'aménager un grand volume d'eau ; 30 à 40 litres nous paraissent le chiffre moyen à adopter, encore ce chiffre doit-il être réduit à 20 litres pour les jardins.

Dans les grandes exploitations, au contraire, un grand débit est absolument nécessaire, le personnel est nombreux, les parcelles sont étendues ; un faible débit les arroserait mal et emploierait trop de temps. Par exemple, si le canal secondaire débite 100 litres et que le volume d'eau à distribuer à chaque arrosage soit de 650 mètres cubes par hectare, l'arrosage durera 6,500 secondes, soit une heure 50 minutes. Ce laps de temps nous paraît déjà considérable.

Faisons observer encore que les causes de déperdition augmentent avec la division de l'eau ; enfin, à mesure que le personnel agricole s'améliore, on éprouve le besoin de recevoir de plus grands débits et de pratiquer les irrigations plus vite. Toutes ces considérations établissent qu'on a tout intérêt à se rapprocher du maximum pratique indiqué par l'expérience ; c'est en effet la tendance actuelle.

Les terrains de la compagnie de l'Habra feront nécessairement l'objet de grandes exploitations ; nous avons cru devoir adopter le chiffre de 100 litres comme représentant le débit type des canaux secondaires. Dans les terrains du bas de la plaine où les pentes sont faibles, les grands débits sont indispensables, nous avons forcé le chiffre quand nous avons pu ; au contraire, nous avons tâché de nous tenir au-dessous pour les terrains du haut de la plaine où les pentes sont quatre ou cinq fois plus fortes.

Le débit total étant connu et le débit des canaux secondaires étant établi par les considérations qui précédent, le nombre des sections s'en déduit; si, par exemple, le débit total est de 2,000 litres et le débit de chaque canal secondaire de 100 litres, le nombre des sections sera de 20.

Dans chaque section on pourra arroser convenablement :

$\frac{100}{1}$  ou 200 hectares de culture d'été.  
 $\frac{1}{2}$

$\frac{100}{1}$  ou 600 hectares de culture d'hiver.  
 $\frac{1}{6}$

Total. . . 800 hectares.

Le surplus de la section ne pourra être arrosé qu'au détriment des 800 premiers hectares. »

*Pratique de l'irrigation. Prises d'eau.* — Soit un canal secondaire AB, qui doit alimenter deux sections voisines M et N, figure 7, planche XIV; au point B, on trouve un déversoir partiteur, que nous décrirons ci-après, et qui partage les eaux en deux parts proportionnelles aux surfaces à arroser : l'une des parts est pour la section M, elle s'en va par le canal BC; l'autre part est pour la section N, elle s'en va par le canal BD.

Considérons le canal BC qui alimente la section M; il a trois embranchements BE, GF, CK, qui touchent toutes les parcelles au moins en un point : chaque usager peut donc établir directement sa prise d'eau, qui est à sa charge ainsi que les rigoles intérieures.

Sur un état sont portées les parcelles de chaque section et, en regard de chacune, l'heure à laquelle elle a le droit de prendre l'eau chaque semaine et le temps pendant lequel toute l'eau de la section lui est réservée. A l'heure indiquée, le garde des eaux ouvre l'embranchement CK et donne l'eau à la parcelle 1 la plus éloignée; quand celle-ci a eu sa part, il lui coupe l'eau et la donne à la parcelle 2 et ainsi de suite jusqu'à la parcelle 6 en remontant de l'aval à l'amont; il ferme alors l'embranchement CK et passe aux embranchements supérieurs pour lesquels il opère de même.

A Relizane, chaque garde des eaux a une étendue de 1,500 hectares.

*Partiteurs.* — Le système des partiteurs algériens est très-simple et très-exact en apparence; aussi satisfait-il les populations, ce qui est le point principal.

Un canal principal A amène les eaux dans un bassin P, d'où elles s'échappent dans trois canaux secondaires BCD; en tête de ces canaux sont des déversoirs ayant leur seuil au même niveau. La tranche d'eau qui s'écoule par les déversoirs a donc partout même hauteur, et le volume de liquide que prend chacun d'eux est proportionnel à sa largeur. En réalité, cette répartition proportionnelle est illusoire :

1° Le volume qui s'écoule par les déversoirs C et D, perpendiculaires au canal d'amenée A, est plus grand que celui qui, à largeur égale, s'écoule par le déversoir B parallèle au courant A. — Si l'on appelle  $h$  la hauteur de la lame d'eau et  $v$  la vitesse du courant A, la charge qui produit l'écoulement en B est  $h$

et celle qui produit l'écoulement en C et D est  $(h + \frac{v^2}{2g})$ . Avec une vitesse  $v$  de 0<sup>m</sup>,60 et une hauteur  $h$  de 0<sup>m</sup>,20, le débit à largeur égale peut présenter une diminution de 4 p. 100 lorsqu'on passe de C en B. Pour atténuer cet effet, il faut augmenter autant que possible la hauteur  $h$ .

2<sup>e</sup> Le débit d'un déversoir à charge constante n'est pas proportionnel à la largeur, car la contraction sur les bords est indépendante de la largeur ; aussi le débit par mètre courant augmente-t-il avec la largeur des déversoirs.

3<sup>e</sup> Enfin, la déperdition augmente avec la longueur des canaux d'aménée ; dans l'Italie septentrionale, les pertes sont de 1 p. 100 pour 3 kilomètres de parcours. Un canal de 20 kilomètres donnerait donc une perte de 7 p. 100. — Cependant, avec des eaux limoneuses, la perméabilité doit diminuer et les déperditions s'atténuer avec le temps.

Les partiteurs fixes et la rotation immuable des tours d'arrosage ont un grave inconvénient : chaque usager doit adopter une proportion fixe entre les cultures d'été et les cultures d'hiver. L'usager, qui dispose de  $N$  litres à la seconde, ne peut établir les cultures d'été que sur  $2N$  hectares ( $\frac{1}{2}$  litre à l'hectare et à la seconde), et les cultures d'hiver que sur  $6N$  hectares ( $\frac{1}{3}$  de litre à l'hectare et à la seconde). S'il change cette proportion, il arrose mal ou bien il consomme de l'eau inutilement.

C'est pour parer à cet inconvénient que le syndicat du Sig a autorisé les transferts d'eau, ou échange des tours d'arrosage pendant un certain temps entre les propriétaires qui veulent s'entendre. Lorsque les transferts se font d'une section à l'autre, ils amènent une grande confusion et une perturbation complète dans le système : il faut réduire la largeur des déversoirs partiteurs, ce qui se fait par des lames de tôle et la répartition ancienne se trouve momentanément bouleversée. Néanmoins, les transferts sont tellement utiles qu'on est forcè presque partout de les adopter, moyennant certaines restrictions, qui diront, par exemple, que les modifications se feront seulement tous les mois ; le régime des transferts entraîne l'exécution de partiteurs à débit variable, et il exige aussi l'emploi de canaux à grande section qui permettent la variation du débit entre des limites assez étendues.

*Canaux de distribution. Volume d'eau disponible.* — On a évalué le volume à dériver du barrage en été à 3,000 litres par seconde, ce qui permet l'irrigation de 6,000 hectares en culture.

Le réservoir contient. . . . .	mèt. cubes.	30,000,000
Il faut en déduire :		
1 <sup>e</sup> Pour la tranche au-dessous des prises d'eau. . . . .	900,000 m. c.	
2 <sup>e</sup> Pour l'évaporation pendant 5 mois sur 200 hect. . . . .	1,600,000	—
3 <sup>e</sup> Pour pertes par infiltrations dans la digue et le terrain. . . . .	2,000,000	—
Soit en tout. . . . .		4,500,000
Reste disponible. . . . .		25,500,000

ce qui, réparti sur 12,960,000 secondes, donne 2 mètres cubes à la seconde ; à ce volume, il faut ajouter le débit d'été de l'Habtra, qui atteint 1 mètre cube

M. Pochet trouve l'évaluation précédente trop élevée :

1<sup>e</sup> Les embasements seront considérables. Au barrage du Sig, ils atteignent un volume égal au  $\frac{1}{8}$  de la capacité des réservoirs.

2° Les pluies d'hiver ne permettront pas toujours de remplir complètement les réservoirs, car il y a de grandes variations dans les hauteurs de pluies annuelles et on a calculé sur la moyenne.

Le chiffre précédent de 25 millions 1/2 de mètres cubes est donc un maximum. En ce qui touche l'établissement des canaux, les principes suivants ont été appliqués :

1° Les eaux de l'Habra étant très-limoneuses, il faut des pentes assez fortes pour empêcher l'envasement ; d'un autre côté, il ne faut pas que les pentes soient telles que les rives puissent être corrodées par les eaux. On s'est imposé comme limites extrêmes des vitesses de 0<sup>m</sup>,55 et 1 mètre. Encore, cette vitesse de 1 mètre serait-elle trop forte en beaucoup de points, car le sol argilo-sablonneux de la plaine se corrode à une vitesse de 0<sup>m</sup>,80.

2° On a adopté pour la section des canaux un plafond horizontal avec talus inclinés à 45° et une profondeur d'eau égale à la largeur du plafond. Cette forme correspond à peu près au minimum de terrassements et a l'avantage de donner une formule très-simple pour le calcul des dimensions à adopter, eu égard au débit et à la vitesse. Les calculs ont été faits pour les deux vitesses limites 0<sup>m</sup>,55 et 1 mètre et pour des débits variant de 100 en 100 litres ; on a dressé une table des résultats trouvés et, par interpolation, cette table a donné les dimensions des canaux dans tous les cas. Dans chaque section d'arrosage, on a compté sur un débit de 100 litres à la seconde.

3° La revanche des berges est de 0<sup>m</sup>,40 pour les canaux secondaires, elle s'élève à 0<sup>m</sup>,50 pour ceux qui desservent plus d'une section : cela suffit pour faire face au relèvement du plan d'eau causé par l'envasement et à l'excédant de débit qu'on pourra quelquefois réaliser en hiver.

4° Partout où il est nécessaire, le canal est bordé par deux digues ayant leur couronnement à 0<sup>m</sup>,40 ou 0<sup>m</sup>,50 au-dessus du plan d'eau. La largeur en couronne de ces digues a été déterminée par la formule simple

$$l + 0^m,30$$

dans laquelle  $l$  est la largeur du plafond du canal.

Les talus des digues sont à 45° ; le sable argileux se tient très-bien sous cette inclinaison lorsque la hauteur ne dépasse pas 2 mètres.

Ces dispositions ont donné des résultats satisfaisants.

5° Là où les canaux sont en déblai de plus de leur profondeur normale, qui est  $(l + 0^m,40)$  ou  $(l + 0^m,50)$ , on a établi au niveau correspondant à cette profondeur normale deux banquettes de 0<sup>m</sup>,50 de large, destinées à faciliter le curage et à retenir le produit des éboulements des berges.

6° On a ménagé le long de chaque canal des chemins de ronde dont la largeur est de 2 mètres pour les canaux principaux et 1<sup>m</sup>,50 pour les canaux secondaires.

7° Partout on s'est attaché à établir les profils en long, de manière à avoir le minimum de terrassements, en adoptant les plus fortes pentes sans dépasser les pentes limites.

Les figures 13 de la planche XIV représentent les profils en travers adoptés pour les canaux de l'Habra.

La longueur totale des canaux principaux est de 76 kilomètres et le cube moyen de terrassements au mètre courant est de 3 mètres.

Les canaux secondaires de distribution sont espacés de 400 mètres l'un des

l'autre, ce qui fait par hectare 25 mètres de canal à 0 fr. 35 le mètre courant, il faut compter, en outre, un appareil de prise d'eau pour 10 hectares; cet appareil coûte 70 francs, ou 7 francs par hectare. Ainsi le réseau des canaux secondaires et des prises d'eau est revenu seul à 16 francs par hectare.

Les résultats économiques de l'œuvre que nous venons de décrire ne sont pas connus; quels qu'ils soient, cette œuvre n'en aura pas moins réalisé de grands avantages au point de vue de l'intérêt général.

### 5° Irrigations de l'Italie septentrionale

Les irrigations sont en honneur depuis un temps immémorial dans l'Italie du Nord, elles y sont très-développées.

M. l'ingénieur en chef Nadault de Buffon les a décrites dans son ouvrage intitulé : *Canaux d'irrigation de l'Italie septentrionale*; cet ouvrage renferme d'intéressants détails qui ne sauraient trouver place ici, et nous nous bornerons à donner un aperçu général du sujet.

La circonstance qui a le plus contribué au développement des irrigations dans le nord de l'Italie, dit M. Baumgarten, est la sérénité générale de l'été malgré la grande abondance de la pluie annuelle; entre Pavie et Brescia, il n'y a par an que trente ou quarante jours de pluie; dans la province de Lodi, le soleil luit la moitié de l'année, dans celle de Milan plus de la moitié, et dans celle de Brescia les deux tiers.

Il n'y a pas, en moyenne, plus de deux à trois jours de pluie par été, et ce sont alors des pluies torrentielles funestes aux récoltes.

La température ne dépasse jamais 33° et ne descend jamais au-dessous de 23°, même pendant la nuit.

Ce simple exposé fait bien comprendre toute l'importance qui s'attache à l'arrosage des récoltes.

La Lombardie est abritée au nord, à l'ouest et au sud par les Alpes et les Apennins; les vents de ces directions se dépouillent de leur humidité sur les sommets des montagnes, ce sont des vents secs qui pompent l'excès d'humidité du sol et empêchent le pays d'être aussi malsain que les Marennas. Quand souffle le vent d'est, qui remonte la vallée du Pô, l'atmosphère devient malsaine.

Ce sont les neiges des hautes-montagnes qui alimentent surtout les irrigations d'été; aussi, ces irrigations sont-elles moins développées sur la rive droite que sur la rive gauche du Pô, parce que les cours d'eau de cette dernière sont en communication avec les neiges éternelles. Pour la même raison, sur la rive gauche de l'Adda on n'irrigue que les 0,5 de la contrée, tandis que sur la rive droite on irrigue les 0,8.

La pente générale de la Lombardie est favorable à une bonne irrigation; elle est assez accusée, sans être trop forte, ce qui permet à l'eau de circuler facilement sans entraîner les engrâis et l'humus. Entre le lac Majeur et Venise il y a une différence d'altitude de 260 mètres pour 200 kilomètres, soit une pente de 1<sup>m</sup>,30 par kilomètre.

Sur la ligne de Milan à Mantoue apparaissent au jour de nombreuses sources, les Fontanili, que l'on recueille pour les arrosages et qui ont une température constante, un peu froide en été; mais la majeure partie des irrigations se fait

par des canaux de dérivation dont le principal est le Naviglio-Grande, dérivé du Tessin.

M. l'ingénieur Baumgarten évalue à 360 mètres cubes par seconde le volume d'eau utilisé en Lombardie pour les irrigations.

Ce sont les lits naturels des rivières qui reçoivent le produit des canaux d'égouttement et les eaux de colature.

La surface arrosée est de 400,000 hectares, dont 4000 hectares sont occupés par les marcites ou prés d'hiver. Ces prés sont disposés par petites planches peu inclinées que recouvre une mince nappe d'eau sans cesse renouvelée ; l'eau entre par l'angle d'une planche et sort par l'angle opposé pour pénétrer sur la planche voisine. « L'eau doit circuler partout d'un mouvement égal ; trop rapide, le sol serait appauvri ; trop haute, le pré se couvrirait d'herbes aquatiques ; trop lente, il deviendrait marécageux. La température de l'eau doit être peu variable. Elle ne doit ni geler en hiver ni fermenter en été, elle est d'un libre usage de jour et de nuit. L'arrosage est continu en hiver. Ce système exige un volume vingt fois plus considérable que celui qui serait nécessaire pour tenir constamment le sol recouvert d'eau. »

Le volume d'eau consommé par chaque culture varie dans de grandes limites : 1 hectare de pré en marcite peut consommer par hectare une once milanaise, soit 42 litres à la seconde. — « Le même cube suffira pour arroser une surface double de maïs et triple ou quadruple de prés simples, et pourra, dans le cours d'une semaine, irriguer ainsi sept différents prés et, dans le cours de deux semaines, quinze différentes terres cultivées en maïs ; car, si ces dernières terres absorbent à chaque arrosage plus d'eau, elles n'en ont pas besoin aussi souvent. »

En pratique, les diverses espèces de cultures étant réunies, on compte sur une consommation journalière égale à une nappe d'eau variant de 0<sup>m</sup>,0084 à 0<sup>m</sup>,0166, ce qui représente un débit continu de 1 à 2 litres par seconde et par hectare. — Le froment et le seigle ne sont pas arrosés.

On estime que trois onces d'eau ou 10,000 mètres cubes par 24 heures suffisent à une ferme de 100 hectares, ce qui fait par hectare et par seconde 1 litre 16. — Néanmoins on comprend que ce cube varie avec la proportion des diverses espèces de cultures et aussi avec le degré de perméabilité du sol.

La nature des eaux employées à l'irrigation est aussi très-variable. — Les eaux dérivées du Tessin, à la sortie du lac Majeur, sont d'abord limpides et froides ; mais, en parcourant les terres, elles se chargent de gaz, d'humus et d'engrais, et s'améliorent notablement. — C'est généralement le contraire qui se produit en France pour les eaux de colature.

L'Adda reçoit, à l'aval du lac de Côme, des affluents torrentiels qui troubent ses eaux d'abord limpides et elles sont d'autant plus chargées que la prise d'eau se fait plus bas.

Les eaux torrentielles et boueuses sont employées en colmatages sur certains points.

Les immondices des villes profitent aussi aux canaux d'irrigation ; ainsi les marcites à l'aval de Milan doivent leur incomparable fertilité (ils fournissent par an jusqu'à huit coupes d'herbes hautes et touffues) aux eaux ménagères de Milan et aussi à la grande masse de bestiaux qu'elles nourrissent.

Le prix en capital d'une once d'eau (3,600 mètres cubes par 24 heures) est

de 12,000 à 18,000 francs suivant qu'il s'agit d'eaux de colature grasses, ou d'eaux de première main maigres.

L'établissement des beaux canaux d'irrigation dans ce pays qui les pratique depuis 2000 ans, a donné lieu à la construction de nombreux ouvrages d'art, analogues à ceux que nous avons déjà décrits. — L'étude de ces ouvrages est du reste plutôt du ressort du constructeur proprement dit.

Malgré la faveur dont jouissent les irrigations en Lombardie, la création d'un nouveau canal n'y est pas toujours facile; en tout cas, cette création est onéreuse à son premier propriétaire à cause des pertes d'eau et elle ne devient profitable qu'après un temps assez long.

On évalue à 750 millions les sommes totales dépensées pour l'irrigation de 200,000 hectares, moitié de la surface totale arrosée en Lombardie. — C'est un prix de revient de 3750 francs par hectare; c'est presque la valeur vénale de la terre, de sorte que la valeur du sol naturel est à peu près nulle.

Le Journal d'Agriculture pratique a publié en 1874 une description pittoresque des irrigations du Milanais. — Nous la reproduirons ici, parce qu'elle donne à grands traits un tableau intéressant de cette riche contrée :

« C'est un spectacle saisissant de voir, en février, les plaines milanaises couvertes de neige alors que, par exception, les marcites, protégées par une légère nappe d'eau courante, qui doit à sa température d'opérer la fonte de la neige, commencent à donner leur première coupe verte. Cinq autres coupes suivent ainsi du mois de février à l'automne, en sorte que le bétail peut être nourri au vert pendant onze mois de l'année. Un fait est très-significatif, c'est qu'un hectare de marcite nourrit facilement quatre têtes de gros bétail par an. Mais c'est un pays à part, que le Milanais, sous le rapport des irrigations. C'est le pays de l'herbe perpétuelle par excellence. Limité supérieurement par les Alpes, latéralement par l'Adda et le Tessin, et inférieurement par le Pô, il est sillonné de sources intarissables qui descendent des hautes montagnes pour se réunir dans les lacs Majeur, de Côme et de Lugan. Là, dans ces immenses bassins naturels, elles déposent leurs graviers, puis se rendent dans l'Adda et le Tessin, qui sont les principales voies d'arrosage de tout le pays, tandis que le Pô, où se jettent ces deux rivières, en est la grande voie d'écoulement.

En outre, au milieu de ce grand ensemble, et pour le rendre encore plus parfait, sont disséminés d'autres lacs et d'autres cours d'eau de moindre importance, mais qui, néanmoins, se rattachant au réseau général d'irrigation, apportent aussi, pour leur part, une grande quantité d'eau disponible en faveur de l'agriculture, des usines et de la navigation.

Telle est la topographie générale : de hautes montagnes au nord: à leur pied, une vaste plaine exposée au midi, à sol léger, à pentes douces, flanquée de deux grosses rivières d'arrosement, dominées par des lacs considérables dont l'eau ne gèle jamais, et enfin assainie par un fleuve où toutes les eaux d'irrigation peuvent se rendre par la seule loi de gravitation.

Ce n'est pas tout : à ces premiers avantages se joignent ceux d'une constitution géologique vraiment exceptionnelle. Au-dessous de la première couche de terre se trouve un lit de gravier, dont le gisement est assez parallèle à la surface du terrain. Les eaux s'infiltrent dans ce gravier et, à une certaine distance des montagnes, se rencontrent à une faible profondeur.

A cet endroit on creuse un puits, et de celui-ci se détache un canal que l'on dirige obliquement à la ligne de plus grande pente, en ayant le soin de se rap-

procher de plus en plus de la surface. On conçoit qu'alors l'eau, après avoir parcouru un trajet plus ou moins long, doit arriver à se répandre sur les campagnes et à servir pour l'irrigation.

Selon Joseph Bruschetti, cet emploi des eaux souterraines, dites de *fontanili*, remonterait à la seconde moitié du douzième siècle. Actuellement, les environs de Milan comptent de nombreux *fontanili* qui, en vertu de la température constante de leurs eaux, servent à l'arrosage des prés à marcite ou près d'hiver, dont les coupes répétées en cette saison permettent, j'insiste sur ce point, de prolonger la nourriture au vert onze mois de l'année.

Ainsi, en résumé, pour l'irrigation de la belle saison, le Milanais possède l'eau des lacs et des fleuves abondants, et quand la température atmosphérique vient partout ailleurs arrêter la végétation, cette terre privilégiée voit sortir de ses entrailles des sources dont les eaux, répandues sur les prairies, y font croître l'herbe en dépit des frimas.

Certes, la nature a beaucoup fait pour ces heureuses contrées, mais l'homme n'a point, comme en d'autres pays, dormi sur les richesses étalées sous ses yeux : de gigantesques travaux ont, au contraire, achevé l'œuvre ; une législation protectrice a réglé le cours et l'usage des eaux, aucune goutte du précieux liquide n'est perdue. Tandis que dans nos capitales nous abandonnons aux fleuves voisins les déchets de notre consommation, tandis que des principes éminemment fertilisables disparaissent ainsi sans utilité pour l'agriculture, toutes les eaux d'égout de la ville de Milan sont portées dans des canaux d'irrigation qui les versent sur les prairies.

En outre des prés à marcites, on trouve dans la province de Lodi des prés temporaires à trois coupes qui restent trois années en asselement, asselement très-riche, car il est ainsi combiné : première année, maïs fumé ; deuxième année, froment ; troisième, quatrième et cinquième années, prairie ; sixième année, lin suivi de récoltes dérobées, savoir, en premier lieu, millet ou quarantin à grains, ou avoine pour vert, et en second lieu navette semée en juillet et août lors du sarclage du quarantin et récoltée au printemps suivant, avant la semaille du grand maïs, tête de rotation.

Voilà ce que l'on fait avec l'irrigation et le soleil d'Italie. »

**Module milanais.** — Les modules et les partiteurs sont deux genres d'appareils ayant pour objet la répartition des eaux.

Le partiteur, dont nous avons déjà parlé, s'emploie lorsqu'il s'agit de partager un volume variable en proportions fixes. — Ainsi, un partiteur peut diviser le débit d'un canal en trois volumes qui seraient entre eux comme les nombres 1, 2 et 3 ; que le débit du canal vienne à changer, la proportion reste toujours la même, bien que les volumes alloués à chaque branche subissent proportionnellement la variation qui affecte le débit total.

Le module, au contraire, s'emploie lorsqu'il s'agit d'emprunter un volume d'eau constant, 100 litres par exemple, à un canal dont le débit est, du reste, fixe ou variable.

Le module est surtout avantageux dans les partages d'eaux d'irrigation : il donne à chacun la part qui lui est due et renferme la consommation d'eau dans de justes limites.

Le module est moins utile dans les usines, car les usines ne consomment pas d'eau à proprement parler, elles ne consomment que de la chute et rendent l'eau ensuite à son cours d'eau naturel.

L'usage du module est surtout indispensable dans le cas où l'on vend

l'eau au mètre cube, et c'est une manière de faire à laquelle les compagnies de canaux d'irrigation peuvent être fréquemment forcées de recourir.

On trouvera, dans l'ouvrage de M. Nadault de Buffon, la description complète du module milanais, nous en rapporterons seulement le principe.

Considérons, figure 10, planche XIV, un canal ou une rivière dont *ab* est le plan d'eau; en tête d'un canal de dérivation est une vanne hydrométrique *V*, que l'on peut lever ou baisser à volonté, de sorte que l'eau passe par-dessous en plus ou moins grande abondance. — Une dénivellation constante s'établit entre les plans d'eau *ab* et *cd* à l'amont et à l'aval de cette vanne, et cette dénivellation est d'autant plus forte que la tranche d'eau qui passe sous la vanne est moins élevée. — Supposons que la hauteur *h* de l'eau dans le canal vienne à varier d'une quantité *k*, la vanne restant à la même place, la hauteur *h'* à l'aval de cette vanne variera d'une quantité *k* et le rapport de *k* à *k'* sera le même que celui de *h* à *h'*. Si par exemple *h* et *h'* étaient entre eux comme 1 à 3 et qu'on déterminât une surélévation de 0<sup>m</sup>,30 à l'amont de la vanne, la surélévation ne sera que de 0<sup>m</sup>,10 à l'aval.

Sur le canal de dérivation, à quelques mètres de la vanne hydrométrique, on a établi en travers une dalle percée d'un orifice rectangulaire *mn*. Si l'on s'arrange de telle manière que la charge d'eau *x* sur l'arête supérieure de cet orifice rectangulaire demeure constante, il est clair que le volume qui s'écoulera par *mn* sera lui-même constant.

Ce volume dépendra des dimensions de l'orifice, et il est facile de le calculer par les formules que nous avons données en hydraulique; nous n'avons pas à insister sur ce point.

La constance du niveau *cd* s'obtient en manœuvrant la vanne hydrométrique; c'est un agent spécial qui est chargé de cette manœuvre. En général, elle n'a pas besoin d'être bien fréquemment renouvelée, car il ne se produit guère de variations brusques dans le niveau *ab* du canal ou de la rivière alimentaire.

Il est à remarquer du reste que toute variation dans ce niveau n'entraîne pour le niveau *cd* qu'une variation réduite et que, par conséquent, le volume d'eau qui s'échappe de l'orifice *mn* ne subit lui-même que cette variation réduite.

L'agent, chargé de la surveillance de la vanne *V*, la fixe donc à la hauteur voulue, et aucune personne étrangère ne peut y toucher ensuite, car elle est arrêtée par un cadenas dont la clef reste aux mains de l'agent.

Voici, d'après M. Nadault de Buffon, les dispositions du module milanais :

L'unité de ce module est l'once d'eau : c'est le volume qui s'écoule par un orifice rectangulaire ayant 4 onces (0<sup>m</sup>,20) de hauteur uniforme et 3 onces (0<sup>m</sup>,15) de largeur avec une pression constante de 2 onces (0<sup>m</sup>,10) sur le bord supérieur de l'orifice.

La hauteur 0<sup>m</sup>,20 est toujours la même quel que soit le nombre d'onces que doive débiter l'orifice; la largeur seule varie, elle est égale à autant de fois 0<sup>m</sup>,15 qu'il y a d'onces à débiter.

La bouche *mn* est taillée au ciseau dans une pierre dure, marbre ou granit, d'épaisseur à peu près constante, 0<sup>m</sup>,03 à 0<sup>m</sup>,06.

Le seuil de la vanne *V* est au niveau de fond du canal et la largeur de cette vanne est égale à celle de l'orifice *mn*. En amont de cet orifice est un sas de 6 mètres de long, présentant de chaque côté de la vanne un élargissement de 0<sup>m</sup>,25 et une pente totale de fond de 0<sup>m</sup>,40, pente qui a pour but d'amoindrir les tourbillonnements superficiels de l'eau. Après l'orifice *mn* est un autre sas

maçonné plus large aussi que l'orifice ; il présente d'abord une chute de 0<sup>m</sup>,05, puis un radier incliné qui favorise le départ de l'eau.

A mesure que la largeur de l'orifice  $mn$  augmente, l'influence de la contraction se fait moins sentir et la charge  $x$  restant constante, le débit croît un peu plus vite que la section.

Le module milanais n'a donc pas la régularité mathématique qu'on pourrait lui supposer. Néanmoins, son exactitude peut être considérée comme suffisante dans la pratique et il rend de grands services.

**Partiteurs.** — Le partiteur le plus simple est celui qui consiste à partager le courant du canal par une ou plusieurs piles en maçonnerie, ou plutôt par des dalles taillées en pointe, en plusieurs courants dont la largeur est dans le rapport de la répartition que l'on veut obtenir.

Cette méthode n'est exacte que lorsqu'on partage le courant en deux parties égales ; pour un rapport différent, elle manque complètement d'exactitude. Cependant elle est simple, et nous avons vu qu'elle était encore en usage en Espagne où les Maures l'ont importée.

La répartition par déversoirs est meilleure ; nous l'avons décrite en parlant des irrigations de l'Habra (Algérie). C'est à elle que les usagers sont portés à accorder la préférence ; cependant nous avons montré qu'elle n'était pas exacte non plus et que l'erreur commise avec elle pouvait atteindre plusieurs centièmes.

Les déversoirs exigent l'exécution de barrages qui déterminent des envasements rapides lorsqu'il s'agit de distribuer des eaux troubles.

Il faut bien, dans ce cas, recourir à la répartition par piles placées dans le courant, ou bien encore adopter un système qui est depuis longtemps en usage en Italie et que M. l'ingénieur Pochet a appliqué aux irrigations de l'Habra, concurremment avec le partiteur à déversoir (figure 11, planche XIV).

« Cet ouvrage, dit M. Pochet, se compose de deux ou plusieurs murs A, B qui divisent le courant en trois ou quatre ou cinq courants secondaires, dont les débits doivent être dans un rapport donné. Les pentes des canaux  $a$   $b$   $c$  sont calculées de façon que la vitesse de l'eau soit la même dans les trois canaux ; dès lors le débit est proportionnel à la section. L'avantage de ce partiteur est d'éviter les envasements qui se produisent dans les partiteurs à déversoir, mais, à nos yeux, ses inconvénients dépassent de beaucoup ses avantages. 1<sup>o</sup> Il est très-couteux. 2<sup>o</sup> Si des envasements viennent à s'y produire, la répartition est faussée. 3<sup>o</sup> La répartition faite pour un niveau est inexacte, quand le niveau vient à varier. 4<sup>o</sup> La correction de la répartition y est à peu près impossible. Nous avons dû cependant adopter cette répartition pour certains partiteurs, faute de pentes pour créer des chutes ; mais, en général, nous n'hésitons pas à donner la préférence au répartiteur à déversoir qui opère une division, sinon mathématique, du moins d'une exactitude bien supérieure. »

## 7. Irrigations et rizières du Portugal

Le riz est une ressource importante pour l'agriculture des pays chauds. Cette culture exige beaucoup d'eau ; elle donne lieu à d'intéressantes remarques. Nous étudierons en particulier les rizières du Portugal, sur lesquelles un mè-

moire a été publié par M. de Andrade Corvo, membre de l'Académie des sciences de Lisbonne.

La culture du riz se fait ordinairement de la manière suivante :

Au mois de mars ou d'avril, on laboure profondément et on retourne le sol, puis on le divise en bassins nivelés et environnés de digues ou bourrelets ; on introduit dans ces bassins l'eau d'irrigation et on sème le riz, qui a été préalablement trempé dans l'eau plusieurs jours.

On emploie 100 à 150 litres de semence par hectare.

Chaque bassin rectangulaire, de 1/2 à 1 hectare de superficie, est entouré de bourrelets ayant 1 mètre à la base, 0<sup>m</sup>,50 en couronne et 0<sup>m</sup>,40 de hauteur. L'eau d'irrigation entre par un angle du rectangle et sort par l'angle opposé ; elle se déverse dans un autre bassin.

L'eau conserve dans les bassins une épaisseur moyenne d'un décimètre. L'eau chauffée au soleil est plus profitable que l'eau froide ; ainsi la production du grain est moins puissante dans les bassins voisins des sources que dans ceux qui en sont plus éloignés.

Pour 1 hectare de rizière, on emploie en général 290 mètres cubes d'eau par jour, ce qui correspond à une hauteur de 29 millimètres. Mais, pour mettre cet hectare en premier état d'arrosage, il faut d'abord une épaisseur d'eau d'un décimètre, soit 1000 mètres cubes, puis 900 mètres cubes pour imbibir le sol.

Quand le sol est saturé et la rizière inondée, l'eau de chaque jour est employée en partie à l'absorption des plantes, à l'évaporation, aux infiltrations ; ce qui reste détermine un faible courant dans les bassins et remplace l'eau stagnante par de l'eau fraîche.

Sur un hectare, il y a un million de plantes ; chaque plante a une surface verte de 1 décimètre carré ; c'est une surface totale de 100,000 mètres carrés. Or, d'après les expériences de Schubler, l'évaporation pour les plantes irriguées est d'environ 200 grammes par mètre carré et par jour. Sur un hectare de riz, l'eau évaporée par les plantes dans une journée peut donc être évaluée à 20 mètres cubes.

L'évaporation de l'eau des rizières est très-considérable, comme celle de toutes les eaux presque stagnantes et peu profondes ; elle atteint 12 à 13 millimètres par jour, ce qui fait 120 mètres cubes à l'hectare.

Ajoutez à cela une infiltration que l'expérience a montré être de 50 mètres cubes, vous arrivez à un total de 190 mètres cubes ; restent seulement 100 mètres cubes par jour pour le renouvellement de l'eau stagnante répandue sur un hectare.

Pour obtenir une bonne récolte, il faut toujours maintenir chaude l'eau des rizières ; d'où la nécessité d'un renouvellement lent et d'une stagnation presque complète.

Les mauvaises herbes se développent rapidement dans les rizières et surtout dans les rizières anciennes dont la terre est épuisée ; il faut procéder à un et quelquefois à deux sarclages mensuels en mai, juin et juillet : ce travail est fait par des femmes et des enfants qui s'avancent en ligne sur toute la largeur du bassin, courbés et marchant dans l'eau.

Le développement de l'épi commence en juin et la maturité est complète vers la fin d'août ou les premiers jours de septembre. On cesse alors d'introduire de l'eau, mais la récolte se fait lorsque le sol est encore à l'état de vase.

La récolte de grain est de 35 à 45 hectolitres par hectare ; on met dans

les terres fortes à 1 hectolitre de semence et on descend dans les terres faibles à 42 litres.

*Insalubrité des rizières.* — Les rizières présentent les caractères de véritables marais ; l'eau qui les recouvre est le siège d'une vaste fermentation animale et végétale ; à la surface nage une matière d'aspect glutineux qui tient emprisonnées des bulles de gaz ; une odeur nauséabonde se fait sentir au loin.

La proportion de la mortalité annuelle a beaucoup augmenté dans les parties du Portugal où s'est implantée la culture du riz.

*Conclusion.* — Si l'on substituait à la culture épuisante des rizières, dans l'irrigation desquelles on dépense une quantité d'eau très-considerable, d'autres cultures irriguées, semblables à celles de l'Espagne (céréales, maïs, haricots, pommes de terre), et si à côté de ces cultures on créait 4000 hectares de bonnes prairies bien assainies, bien irriguées et suffisamment fumées, la culture du Portugal y gagnerait beaucoup et la salubrité publique serait considérablement améliorée.

Telle est la conclusion formulée par M. de Andrade Corvo.

**Rizières du nord de l'Italie.** — Les rizières du nord de l'Italie ont une grande importance ; elles sont alimentées par de l'eau riche en principes nutritifs : aussi peuvent-elles être établies même sur de mauvais terrains et elles constituent dans ces conditions une excellente culture au point de vue économique. Le débouché du riz est toujours assuré, car le grain de cette graminée sert à la nourriture de plus de la moitié des hommes.

Dans le nord de l'Italie, le riz se sème au printemps ; il est recouvert d'une couche d'eau au sein de laquelle il se développe, protégé contre les vents et les influences atmosphériques. C'est à la fin de juin, quand la tige est à moitié de sa croissance et qu'elle a atteint une certaine vigueur, qu'on retire les eaux.

Pendant quelques jours, le végétal verdit et jaunit sous l'influence de la transition de l'humidité à la sécheresse, mais il reprend bientôt de nouvelles forces et entre dans la seconde période de son existence, pendant laquelle on lui renonne de l'eau à des intervalles qui vont sans cesse en augmentant.

Les rizières du nord de l'Italie sont établies par bassins horizontaux ; la nappe d'eau y est de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,30 de hauteur ; il y a en général peu de terrassements à faire et de digues à construire, car on choisit de préférence des sols marécageux, analogues à ceux qui existent en grande quantité sur le littoral méditerranéen de la France et qu'on pourrait utiliser avantageusement de la même manière.

Le renouvellement de l'eau s'opère lentement dans ces bassins horizontaux, ainsi que nous l'avons expliqué tout à l'heure en parlant des rizières du Portugal.

Pour la commodité de la culture et de l'exploitation, les bassins ne doivent pas dépasser deux ou trois hectares de superficie.

Le riz est, avons-nous dit, semé au printemps, mars ou avril ; on sème le riz brut, non dépouillé de ses écorces ; la récolte se fait vers la fin de septembre ou les premiers jours d'octobre. On met les épis en bottes de 0<sup>m</sup>,50 de long et de 12 à 15 kilogrammes. Ces épis se battent très-facilement et abandonnent le riz brut, lequel possède plusieurs écorces brunes ou grises ; on les enlève, on procède au décorticage en soumettant les grains à l'action de pilons mus en général par une usine hydraulique.

Le produit moyen des rizières du nord de l'Italie est de 45 hectolitres de riz

brut, donnant 20 hectolitres de riz mondé ; l'hectolitre pèse 80 à 90 kilogrammes et le quintal se vend environ 55 francs.

C'est donc un produit très-rémunérateur, car il ne coûte pas à cultiver deux fois plus que le blé.

Les meilleures rizières de l'Italie ne sont pas les rizières perpétuelles qui, malgré la richesse des eaux, finissent par dégénérer, ce sont celles qui entrent dans de longs assolements ; pendant trois ou quatre ans, le sol est cultivé en riz et la terre inondée se trouve nettoyée ; elle est susceptible de fournir ensuite d'excellentes prairies.

La consommation de l'eau dans les rizières du nord de l'Italie est une consommation continue de 1 litre  $\frac{1}{2}$  à 1 litre  $\frac{1}{4}$  par seconde et par hectare, soit 130 à 150 mètres cubes par hectare et par jour.

En Portugal, nous trouvions 290 mètres cubes ; mais l'évaporation en Portugal est de 0<sup>m</sup>,012 par jour, elle n'est guère que de 0<sup>m</sup>,002 dans le nord de l'Italie. C'est une différence de 100 mètres cubes dans la consommation diurne, et, en annulant cette différence, on voit que les chiffres sont à peu près concordants.

La consommation de 1 litre  $\frac{1}{2}$  ne s'applique qu'à des rizières établies sur un sol argileux et imperméable, où les pertes par filtration sont insensibles ; dès que celles-ci augmentent, il faut augmenter dans la même proportion la consommation de l'eau et les sols perméables sont improprels à la culture du riz.

Dans le nord de l'Italie, la culture du riz semble exercer une mauvaise influence sur la santé publique ; cette influence est incontestable, mais elle est évidemment moins sensible que sous un climat très-chaud comme celui du Portugal. Depuis le seizième siècle, époque de l'introduction du riz dans le Milanais, beaucoup de règlements prohibitifs ont été promulgués ; aujourd'hui encore, l'établissement des rizières doit être autorisé par l'administration ; on les reléguait autrefois à une certaine distance des villes, 2 ou 3 milles, mais il semble que la direction des vents régnants doit être prise en sérieuse considération.

L'influence malsaine des rizières paraît devoir être efficacement combattue par un régime tonique et par des soins assidus de propreté imposés aux cultivateurs.

Avec ces précautions, la culture du riz pourrait sans doute être avantageusement introduite dans certaines régions marécageuses du midi de la France. L'insalubrité de cette culture est du reste bien diminuée, quand on dispose de grandes quantités d'eau.

## 8° Irrigations des Pyrénées-Orientales. Reproduction des eaux

Les irrigations dans les Pyrénées-Orientales et particulièrement dans la vallée de la Tet ont été étudiées par M. l'ingénieur Vigan au point de vue de l'intéressant phénomène de la reproduction des eaux.

Il existe dans les parties basses de la susdite vallée, dans la plaine, d'anciens

canaux d'irrigation qui sont une richesse pour l'agriculture; les propriétaires des parties hautes de la vallée, de la montagne, demandèrent eux aussi à jouir des bienfaits de l'irrigation. Mais l'administration ne crut pas d'abord devoir accueillir leur demande parce qu'elle craignait de nuire aux canaux de la plaine.

Cependant, dès 1847, on avait énoncé le principe de la reproduction des eaux: « les arrosages de la montagne ne sont pas nuisibles, disait-on, à ceux de la plaine; les terrains, arrosés abondamment au printemps, remplissent le rôle de réservoirs, et les eaux, que l'on y a ainsi emmagasinées à une époque où la rivière suffit largement à tous les besoins, s'en échappent, se reproduisent au moment de la pénurie en quantité suffisante pour compenser les pertes occasionnées par les arrosages d'été. »

M. Vigan fut chargé d'éclairer la question en ayant recours à des expériences sur l'écoulement et à des recherches géologiques, dans le détail desquelles nous n'entrerons pas et dont nous nous contenterons seulement de reproduire ici les conclusions :

« La reproduction des eaux, si l'on entend par là la formation ou l'alimentation des sources par les irrigations, s'effectue dans tous les terrains arrosés de la vallée de la Tet avec une énergie variable suivant le mode de culture, la figure du périmètre arrosé, la quantité d'eau employée aux arrosages dans chaque saison, l'épaisseur de la couche perméable, la composition de cette couche, la pente de la couche imperméable.

1<sup>o</sup> Dans les terrains, champs ou prés, à faible épaisseur de terre perméable ou peu éloignés de la rivière, quels que soient d'ailleurs les autres éléments, la reproduction agit avec une intensité très-faible.

Les arrosages d'été sur de pareils terrains donnent lieu à de très-fortes pertes.

2<sup>o</sup> Dans les terrains cultivés en champs, formant tout le long de la rivière une bande de 1200 à 1500 mètres de largeur, soumis au sys'ème d'assoulement biennal en usage dans le pays et abondamment arrosés dès le 1<sup>er</sup> mars, à forte épaisseur de terre perméable inclinée, la reproduction paraît agir avec assez d'énergie pour compenser, au moins pendant la plus grande partie de la pénurie, les pertes provenant des irrigations.

La compensation serait plus parfaite si les canaux étaient réglementés au moment des grands arrosages d'août.

Il serait contraire aux intérêts de la plaine que la réglementation commençât avant le 10 août.

3<sup>o</sup> Dans les terrains, champs ou prés, formant tout le long de la rivière une bande de 3 à 4 kilomètres de largeur, à très-forte épaisseur de terre perméable, comme ceux des plaines du Roussillon, les eaux de reproduction n'apparaissent à la surface du sol que sur quelques points; la plus grande partie des sources qu'elles engendrent circule inutilisée dans le sous-sol et se rend directement à la mer. Sur ces terrains, l'arrosage occasionne des pertes considérables.

4<sup>o</sup> En général, dans les vallées secondaires, la reproduction ne s'effectue qu'au moyen des eaux absorbées pendant la pénurie, c'est-à-dire dans des conditions désavantageuses pour la plaine.

Pour quelques-unes d'entre elles cependant, l'ouverture de nouveaux canaux aura des conséquences salutaires pour la plaine en régularisant le régime des rivières.

Lors donc qu'une demande en concession d'eau sera présentée, on devra pro-

**céder à la reconnaissance des terrains et à l'examen détaillé de chacun des éléments de la reproduction.**

**1<sup>o</sup> Si les terrains à arroser sont compris dans la première ou dans la troisième catégorie, on devra refuser la concession, ou tout au moins imposer la condition de fermer les vannes sur l'ordre du préfet, dès que l'eau commencera à manquer aux canaux inférieurs.**

**2<sup>o</sup> S'ils sont compris dans la deuxième catégorie, on pourra accorder la concession pleine et entière.**

**3<sup>o</sup> Lorsque les terrains ne seront pas assimilables à ceux des trois catégories étudiées dans le présent mémoire, il arrivera très-généralement, et nous en avons fait l'expérience dans le cours de notre exercice, que la solution naîtra du simple examen des lieux et du mode d'irrigation.**

**Ce n'est qu'exceptionnellement que l'on pourra conclure à la délivrance d'une concession non restreinte. ▶**

## CHAPITRE II

### COLMATAGE

#### DÉFINITION DU COLMATAGE.

Lorsqu'on amène sur le sol des eaux troubles, plus ou moins chargées de vase, qu'on les laisse séjourner jusqu'à ce qu'elles soient clarifiées, elles abandonnent un dépôt d'alluvion qui exalte le sol. Cette opération porte le nom de colmatage, du mot italien *colmare*, combler.

Pour se rendre compte de la puissance du colmatage, il suffit de considérer les quantités de matières solides tenues en suspension dans les principaux cours d'eau.

« L'eau exerce sur les formations géologiques qui la recueillent ou à travers lesquelles elle se fraye un passage, une action destructive constante, dont l'énergie est augmentée par la richesse des eaux de pluie en carbonate et en azote d'ammoniaque. À côté de cette action chimique, interviennent les actions mécaniques dues au mouvement et à la désagrégation produite par les alternatives de chaleur et de froid. Les roches ainsi divisées se trouvent en partie dissoutes, en partie entraînées avec les eaux, des montagnes vers les plaines. Cet effet de corrosion des parties élevées au profit des parties plus basses se fait sans jamais s'interrompre. Suivant la hauteur de chute de l'eau, la ténacité ou la résistance des matières attaquées, les dépôts se produisent à une distance plus ou moins grande du point de départ. Les parties les plus grossières et les plus denses, qui se meuvent surtout au fond des courants, se séparent les premières à l'état de galets, de cailloux roulés, de gravier ou de sable. Les parties plus fines et plus ténues restent en suspension dans la masse d'eau tout entière et sont entraînées jusqu'à l'embouchure des fleuves où l'eau perdant sa force vive et le courant diminuant, ces matières se déposent et donnent naissance à ces vastes formations d'alluvions connues sous le nom de delta <sup>1</sup>. ».

Les quantités de matières en suspension dans les fleuves les plus chargés de troubles sont indiquées ci-après :

La puissance colmatante du *Gange* résulte du tableau suivant :

<sup>1</sup> Debize et Mérijot, *Chimie technologique*.

## EAUX UTILES.

DÉSIGNATION DE LA SAISON.	DÉBIT PAR SECONDE.	POIDS DE MATIÈRE EN SUSPENSION PAR MÈTRE CUBE.	POIDS TOTAL ENTRAÎNÉ PAR SECONDE.	POIDS TOTAL ENTRAÎNÉ PAR MOIS.
Saison des pluies (4 mois) . . . . .	mèt. cub. 14120	grammes. 1943	kilogrammes. 2743	tonnes. 7,132,000
Saison d'hiver (5 mois). . . . .	2034	446	906	2,356,000
Saison d'été (3 mois) . . . . .	1038	217	225	585,000

Cela fait par an environ 42 millions de tonnes ; si l'on admet pour les alluvions en culture une densité de 1700 kilogrammes, un colmatage de 0<sup>m</sup>,30 d'épaisseur exigera 500 kilogrammes de matière par mètre carré.

Avec le produit du Gange, on pourra donc colmater annuellement 84 millions de mètres carrés, soit 8400 hectares.

Le *Mississippi* contient 803 grammes d'éléments fixes par mètre cube en moyenne, et conduit à la mer annuellement 222 millions de mètres cubes de matières solides.

Le *Fleuve Jaune* contient 5 kilogrammes de matières solides par mètre cube et en jette à la mer annuellement près de 1000 millions de mètres cubes.

Le *Nil*, au Caire, renferme 1 kilogr. 58 de matières solides par mètre cube, et en emporte 4 mètres cubes 1/3 par seconde, soit 377,000 mètres cubes par jour.

Le *Rhin*, à Bonn, en mars 1851, à la suite d'une forte crue, renfermait 205 grammes de matières solides par mètre cube ; en mars 1852, à la suite d'une longue sécheresse, il n'en renfermait que 17 grammes.

La composition des alluvions varie évidemment avec la nature géologique des errains traversés.

**Expériences de M. Hervé-Mangon.** Dans ses Mémoires sur les limons chargés par les cours d'eau, M. l'ingénieur en chef Hervé-Mangon, membre de l'Institut, adonné le résultat de ses longues expériences sur ce sujet si intéressant.

1<sup>o</sup> *Limons de la Durance.* La quantité de matières solides entraînées par mètre cube a varié, pendant le cours d'une année, de 199 grammes à 3633 grammes et la moyenne annuelle est de 1454 grammes par mètre cube.

Pour un débit total de plus de 12 milliards de mètres cubes, cela fait un poids de plus de 17,700,000 tonnes et, en admettant une densité de 1600 kilogrammes, c'est un volume de 11 millions de mètres cubes par an, permettant de colmater 55 millions de mètres carrés ou 5500 hectares.

La composition chimique de ces limons a varié dans les limites suivantes :

	Pour 100.
Résidu argilo-siliceux insoluble dans les acides faibles. . . . .	40 à 54
Alumine et peroxyde de fer. . . . .	4,25 à 5,65
Carbonate de chaux. . . . .	36,25 à 48,13
Azote. . . . .	0,071 à 0,128
Carbone. . . . .	0,470 à 0,658
Eau combinée et produits non dosés. . . . .	5,624 à 6,955

2<sup>o</sup> *Limons de la Loire.* Par mètre cube d'eau passant au pont de Tours, la Loire renfermait les poids de limon suivants :

Grammes.	Grammes.
30 décembre 1859 au 3 janvier 1860. . . . .	319
8 au 11 janvier. . . . .	487
30 janvier au 7 février. . . . .	169
1 <sup>er</sup> au 7 mars. . . . .	493
9 au 12 avril. . . . .	231
11 au 18 décembre. . . . .	114
28 décembre 1860 au 8 janvier 1861. . . . .	119
16 au 18 mars 1861. . . . .	169
22 au 28 mars 1861. . . . .	92
29 au 31 mars 1861. . . . .	60

Du 8 au 11 janvier 1860, la Loire entraînait au pont de Tours 29 423 mètres cubes de matières solides par 24 heures.

**3<sup>e</sup> Limons du Var.** Les expériences sur les limons du Var, exécutées avec le concours de M. l'ingénieur Vigan, ont conduit aux chiffres du tableau suivant :

PÉRIODES.	DÉBIT EN MILLIERS DE MÈTR. CUBES.	POIDS MOYEN DE LIMON PAR MÈTR. CUBE.	PÉRIODES.	DÉBIT EN MILLIERS DE MÈTR. CUBES.	POIDS MOYEN DE LIMON PAR MÈTR. CUBE.
		grammes.			grammes.
Septembre 1864..	77,760	740	Mars 1865. . . . .	120,096	375
Octobre. . . . .	1,339,648	8499	Avril. . . . .	183,168	592
Novembre. . . . .	1,399,680	545	Mai. . . . .	238,464	521
Décembre. . . . .	695,520	270	Juin. . . . .	200,496	11157
Janvier 1865. . . .	85,968	52	Juillet. . . . .	163,296	1672
Février. . . . .	102,816	53	Aout. . . . .	87,696	2229

Le poids moyen de limon contenu dans un mètre cube d'eau du Var est donc de 3 kilogr. 577, proportion deux fois et demie plus forte que celle qu'on trouve dans la Durance.

**4° Limons de la Marne.** Le poids total de limon entraîné par la Marne dans l'année, 1<sup>er</sup> novembre 1863 à 31 octobre 1864, s'est élevé à 181,619 tonnes, soit 74 grammes par mètre cube en moyenne.

Le minimum du poids des troubles par mètre cube a été de 2 grammes et le maximum 515 grammes.

Ces limons sont très-riches en matières organiques et en azote.

5<sup>e</sup> *Limons de la Seine*. Les eaux d'essai étaient prises au Port-à-l'Anglais, à l'amont de la Marne.

De novembre 1863 à octobre 1866, le poids moyen de limon contenu dans un mètre cube d'eau de Seine a été de 39 gr., 6.

Les eaux claires renferment encore 10 grammes de matières solides.

Le poids moyen des matières solides entraînées en un an a été de 207,000 tonnes, soit 130,000 mètres cubes.

Si l'on en excepte les rivières torrentielles, toutes choses égales d'ailleurs, l'eau des rivières qui traversent des pays déserts ou peu habités est beaucoup moins riche en matières solides que l'eau de celles qui arrosent des pays populueux.

Dans les rivières à marée, comme la Tamise, la proportion de matières solides augmente avec le flux parce que l'écoulement des eaux douces est ralenti, elle diminue avec le reflux.

## DE L'UTILITE DU COLMATAGE.

Les eaux travaillent sans cesse à niveler la surface de la terre, en enlevant la chair des montagnes pour la porter dans les parties basses des vallées.

C'est par ce phénomène que la nature a produit ces plaines d'alluvions dont la fertilité est proverbiale.

Il appartient à l'homme d'imiter la nature et de ne point laisser ensevelir dans la mer ces masses énormes de matières fertilisantes dont nos cours d'eau sont chargés.

L'importance de ces matières a été parfaitement exprimée dans les lignes suivantes par M. Mille, inspecteur général des ponts et chaussées :

« Pour nous, le type de l'éternelle fécondité c'est l'inondation du Nil. De même, dans nos pays, les terres les plus riches sont les alluvions colmatées, baignées par les crues. Qu'est-ce que le val de la Loire, sinon le don du fleuve comme l'Égypte est le don du Nil ? Et pourtant, la proportion des troubles est moins forte que dans les eaux d'égout.

Dans l'ancienne Rome, on ne voit aucun exemple d'application de ces eaux. La *cloaca maxima* versait directement au Tibre l'eau des quatorze aqueducs. Le progrès vient avec les Arabes qui ont apporté en Europe l'irrigation. L'Arabe avait vu dans le désert l'eau changer le sable en oasis de verdure. Devenu en Espagne civilisé et instruit, il imagina les barrages en rivière, l'utilisation de la pente, les canaux d'arrosage ; l'irrigation s'étendit sur la côte occidentale de la Méditerranée, depuis l'Andalousie jusqu'au Roussillon. La conquête chrétienne au treizième siècle trouva la plaine de Valence arrosée par sept dérivations du Xucar ; en même temps l'usage existait en ville d'envoyer au ruisseau public, par des conduites en poterie ou en briques, toutes les eaux sales de l'habitation. L'infection grandissant avec la population, le conquérant don Jayme d'Aragon donna que chaque jour, le canal de Cuart, l'une des sept branches de la plaine, coulerait pendant deux heures sur vingt-quatre, pour laver les égouts. Il sortait ainsi de la ville un ruisseau fangeux qui se rendait à la mer. Près des murs, les riverains retirèrent d'abord le fumier et la boue qui, desséchés au soleil sur la berge, devenaient de l'engrais ; puis, plus loin, ils barrèrent le courant et l'obligèrent à passer dans leurs rigoles de culture. Le résultat fut que dans la huerta de Valence, citée avec raison comme une merveille, la portion la plus riche borde aujourd'hui le canal trouble qui porte avec lui l'eau et l'engrais.

*Prairies du Milanais.* — A Milan, les circonstances furent semblables ; Milan, tête de la Lombardie au moyen âge, avait une ceinture de fossés dans lesquels on envoyait les immondices des rues et les résidus des fabriques de laine. Le courant s'écoulait vers le Pô par un vieux lit, le Vettabia, qui traversait les terres de l'abbaye de Chiaravalle (Clairvaux) occupée par les moines de Cîteaux. La tradition veut que ce soit saint Bernard lui-même qui ait eu l'idée de jeter ces eaux grasses et impures sur les prés de l'abbaye. L'effet fut excellent. Il augmenta quand on y joignit l'eau des *fontanili*, sources artésiennes qui circulent sous le gravier de la plaine ; puis quand François Sforza, au treizième siècle, après avoir dérivé de l'Adda le canal de Martesana, attribua un mètre cube par seconde et par jour au lavage des égouts de Milan, l'irrigation s'étendit alors sur environ 1500 hectares : l'industrie et le travail sans repos du paysan lom-

bard y créèrent les marcites, prairies qui donnent jusqu'à huit coupes par an, nourrissent trois vaches laitières par hectare, et sont devenues le point d'appui de la fabrication du fromage parmesan.

*Prairies d'Édimbourg.* — A Édimbourg, les prairies d'irrigation, les *craigentiny meadows*, datent du commencement du siècle ; elles parurent après l'arrivée à la ville des sources de Crawley. Un ruisseau, le Foulburn, qui passe sous Holyrood, emportait à la mer le produit des égouts. Il y avait de la pente, on fit des barrages ; l'eau inonda les sables, les couvrit de verdure, et l'on eut, là encore, une fabrique de nourriture verte pour les vaches laitières. Ces faits séparés par le temps et la distance s'observèrent quand les deux villes qui dirigent le mouvement en Europe, Londres et Paris, furent en face d'une grande difficulté : l'assainissement de la rivière. ▶

#### PRATIQUE DU COLMATAGE.

Le colmatage s'opère en introduisant les eaux troubles dans des bassins où elles ne se trouvent animées que de faibles vitesses et où par conséquent elle abandonnent les particules solides qu'elles tiennent en suspension.

On n'a pas encore déterminé la loi suivant laquelle une eau trouble se clarifie ; le temps nécessaire à la clarification est-il proportionnel à la hauteur ? Cela ne paraît guère probable, eu égard à ce qui se passe tous les jours sous nos yeux : nous savons en effet combien la clarification d'une eau trouble est lente à s'achever lorsque les parcelles solides arrivent à se concentrer dans les parties inférieures du vase. A mesure que ces parcelles descendent, elles épaisissent le liquide qui, par suite, oppose à leur mouvement une résistance croissante.

D'après quelques expériences, M. l'ingénieur Choron pense qu'on pourrait adopter pour exprimer la durée de la clarification en fonction de la hauteur la formule

$$mH + nH^2$$

dans laquelle le coefficient numérique  $n$  n'aurait qu'une faible valeur.

Quo qu'il en soit, supposons qu'il s'agisse de recouvrir un sol  $ab$ , figure 1 planche XXIII, d'une couche de colmatage de hauteur  $h$ . Deux méthodes sont possibles : 1<sup>o</sup> On peut remplir le bassin d'une hauteur d'eau  $H$ , la laisser se clarifier complètement, puis la décanter et la remplacer par une autre, pour laquelle on opérera de même ;

2<sup>o</sup> Ou bien, on peut remplir d'eau le bassin jusqu'à la hauteur  $H$  ; puis, quand cette eau s'est éclaircie sur une petite hauteur  $x$ , expulser la tranche claire et la remplacer par une tranche trouble. En admettant que la hauteur  $x$  soit aussi faible que possible, cela revient à dire que le bassin sera alimenté d'une manière continue. L'eau trouble arrivera d'un côté et l'eau claire s'en ira de l'autre en passant en tranche mince sur un déversoir. Si l'on veut n'expulser que de l'eau claire, on devra régler par l'expérience le débit de la vanne d'alimentation, débit qui dépendra de la superficie du bassin et de la vitesse de clarification de l'eau.

Au moyen d'essais préalables opérés sur des vases en verre, cette vitesse

pourrait être évaluée et le débit serait calculé à l'avance ; si l'on avait à procéder à d'importants travaux de colmatage, il conviendrait de se livrer d'abord à des expériences de ce genre.

Nous sommes donc en présence de deux systèmes : l'alimentation intermitente et l'alimentation continue.

Lequel faut-il préférer ?

Il est évident, en premier lieu, que ces deux systèmes consomment le même volume d'eau trouble pour produire la même épaisseur d'alluvion  $h$ .

Si  $\alpha$  désigne la puissance colmatante des eaux, c'est-à-dire la hauteur de dépôts qu'abandonne sur le sol par sa clarification une tranche de 1 mètre de hauteur, une tranche d'eau de hauteur  $H$  élèvera le sol de la quantité  $\alpha H$ . Pour produire une élévation d'une hauteur  $h$  il faudra par mètre carré autant de mètres cubes d'eau qu'il y a d'unités dans le rapport  $(\frac{h}{\alpha})$ .

Sous le rapport de la consommation d'eau, les deux systèmes sont donc équivalents ; mais la question de la consommation d'eau est peu de chose, parce qu'en général on a plus d'eau qu'il n'en faut.

Ce qui importe, avant tout, c'est de colmater le plus rapidement possible, c'est de mettre les terres en culture aussitôt que possible afin de tirer parti du capital dépensé.

La méthode à adopter est donc celle qui conduit le plus vite au résultat.

Si l'on connaissait la loi des vitesses de clarification par rapport aux hauteurs d'eau, il serait facile de déterminer mathématiquement la plus avantageuse des deux méthodes.

Cette loi est inconnue et, du reste, elle est inutile pour trancher la question.

Considérez une tranche d'eau de hauteur  $H$ , il lui faudra un certain temps pour se clarifier complètement ; si, lorsqu'elle est déjà clarifiée seulement sur la hauteur  $x$ , vous enlevez cette tranche claire et la remplacez par de l'eau trouble, la concentration des vases contenues dans la hauteur  $H$  primitive continuera au-dessous de la profondeur  $x$  comme s'il n'y avait point d'eau trouble au-dessus d'elle ; pendant ce temps, cette eau trouble supérieure se concentrera de son côté. On comprend que cet effet sera d'autant plus sensible que la tranche  $x$  sera plus faible ; ce qui revient à dire que le colmatage le plus rapide est celui qui se fait par une alimentation continue. L'alimentation continue entraîne l'expulsion continue des eaux clarifiées.

**Calcul des canaux d'irrigation et de colmatage.** Dans notre traité d'hydraulique, nous avons donné les formules relatives au calcul des canaux à section et à pente uniforme. Nous ne pouvons revenir ici sur ces calculs. Nous rappellerons seulement que les profils doivent être établis autant que possible de manière à fournir le cube minimum de terrassements. Il faut aussi que les pentes ne soient pas assez fortes pour que la vitesse des eaux attaque les berges, ni assez faibles pour que le limon des eaux se dépose dans les canaux.

#### COLMATAGES D'ITALIE.

C'est en Italie que les colmatages artificiels paraissent avoir eu leur origine. On en trouve la trace jusque dans ces vers d'Horace :

....Sterilisque diù palus, aptaque remis  
Vicinas urbes alit, et grave sentit aratrum.

Dans son ouvrage sur les marais Pontins, de Prony signale l'importance du colmatage.

Quand on a reconnu, dit-il, la grande influence de l'action des fleuves, des torrents descendus des montagnes, sur la formation des marais, le premier expédient qui se présente à l'esprit, pour en opérer le dessèchement, est d'employer ces mêmes courants d'eau chargée de limon, afin d'exhausser le terrain par des dépôts et des atterrissements successifs et régulièrement formés. Cette méthode des desséchements par *colmata*s est employée en Italie avec beaucoup d'adresse et de succès, et l'on en a fait de fort heureuses applications, dans le *Val di Chiana*, sur les terrains qui avoisinent le bas Pô et ailleurs ; malheureusement, elle n'offre dans les marais Pontins qu'une ressource secondaire et d'un effet très-lent : la chair des montagnes est presque épuisée : les eaux n'en détachent plus, en général, que des graviers, des cailloux et des blocs de rocher.

Le succès de l'emploi de la méthode des *colmata*s<sup>1</sup>, dit-il ailleurs, tient principalement à la promptitude avec laquelle on expulse, du terrain qu'on se propose d'exhausser par alluvion, les eaux limoneuses qui y ont été introduites, lorsque ces eaux, ayant déposé leur limon, sont devenues claires. C'est par la rapidité de cet écoulement qu'on se procure le double avantage de renouveler le plus souvent qu'il est possible, pendant un temps donné, les eaux troubles sur la surface du sol à colmater, et de réduire à rien ou à très-peu de chose le mélange de ces eaux troubles avec les eaux déjà clarifiées.

Il est donc manifeste que l'établissement d'un système de *colmata*s suppose l'établissement préliminaire d'un système d'écoulement, et que la réussite du premier dépend absolument de la perfection du second ; bien entendu que les eaux destinées à former les alluvions satisfont encore à d'autres conditions indispensables.

**Colmatage du val de Chiana.** Le val de Chiana se trouve dans l'ancienne Toscane, il s'étend depuis Avezzo, sur l'Arno, jusque près d'Orvieto, non loin du Tibre ; sa longueur est de 85 kilomètres et sa largeur de 5 kilomètres.

Ce pays était florissant dans l'antiquité ; mais, abandonné à lui-même au temps des guerres civiles du moyen âge, il se transforma en marécage.

On observa, dit M. Baumgarten dans son mémoire sur les desséchements et irrigations en Italie, on observa que les affluents de la Chiana, par le dépôt des vases qu'ils charriaient, exhausaient ces terrains marécageux, et l'on en profita pour les améliorer, sans prévoir que l'on en ferait un système qui fertiliserait un jour toute la contrée.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, l'assainissement du val de Chiana donna lieu à de grandes discussions entre les hydrauliciens de l'époque : Galilée, Castelli, Torricelli. Ce dernier préconisa le système du colmatage, qui fut appliqué par Hippolyte et Jules de Médicis ; Jules de Médicis fut élu pape en 1523 sous le nom de Clément VII.

Le colmatage produisit dans le val de merveilleux effets, et, en 1740, ce pays était renommé par l'abondance de sa population et la richesse de sa culture qui donnait les fruits les plus recherchés.

Cependant, il y avait bien encore des perfectionnements à faire et on se trouvait

<sup>1</sup> De Prony emploie le mot *colmata* dans le sens que nous donnons au mot colmatage. *Colmata* veut dire combler. Une *colmata* doit s'entendre d'une *terre colmataée* — une *terre pour laquelle l'opération du colmatage est achevée*.

dans l'embarras pour faire écouler, sans inconvénients, les eaux des affluents qui continuent à charrier un limon dont on n'avait plus besoin.

Il y avait un moyen de remédier à cela, c'était de colmater sur une assez grande hauteur une partie de la vallée haute, de manière à créer une pente suffisante pour l'écoulement; mais de la sorte, on rendait improductifs pendant de longues années d'excellents terrains, qu'on avait peut-être eu le tort autrefois de mettre en culture avant qu'ils fussent suffisamment exhaussés au-dessus des terrains d'aval.

On s'arrêta à un autre projet, celui de M. Manetti, ancien élève de l'École polytechnique et de l'École des ponts et chaussées de France. Ce projet a consisté à créer à droite et à gauche du lit principal de la Chiana un lit séparé pour recevoir toutes les eaux troubles des affluents qui ne se réunissent ainsi à la Chiana qu'à Porto a Cesa, de telle sorte qu'en amont de ce point la Chiana ne reçoit que peu d'eau et des eaux claires; les deux dérivations latérales auxquelles on a pu donner une pente plus considérable sont chargées de débiter toutes les eaux troubles. On a amélioré aussi la partie inférieure de la Chiana en abaissant de 4<sup>m</sup>,10 l'ancien barrage des moines.

Ces travaux ont produit des résultats très-heureux.

Quelques personnes avaient conçu la crainte que l'écoulement plus facile et plus prompt des eaux de la Chiana n'augmentât la hauteur des crues de l'Arno à Florence. Cette crainte était chimérique, car l'Arno a une pente de 3 mètres par kilomètre en amont du confluent de la Chiana, tandis que celle-ci n'a qu'une pente de 0<sup>m</sup>,65 à 0,35 par kilomètre; les eaux des crues de l'Arno auront donc passé depuis longtemps sous les ponts de Florence quand les crues de la Chiana y arriveront. C'est en effet ce que l'expérience a démontré.

**Assainissement de la Maremme Toscane. Colmatage du marais de Castiglione.** On appelle Maremme Toscane, dit M. l'ingénieur Baumgarten, cette partie du littoral de la Méditerranée qui s'étend de la limite des anciens États pontificaux jusqu'à quelques kilomètres de Livourne; sa largeur atteint quelquefois 16 à 24 kilomètres jusqu'au pied des collines. Sa fertilité est si grande qu'en quelques points les grains semés rendent quinze et vingt fois leur poids; mais cette contrée a de tout temps été malsaine et infectée par les fièvres, à cause des marais qu'elle renferme.

Il est à supposer que ces marais proviennent d'anciens golfes, au devant desquels les vagues de la mer ont formé des monticules de sables, ce qui a donné lieu à des étangs salés qui ont été convertis en marais, par suite du défaut d'une libre communication avec la mer, et des inondations plus fréquentes auxquelles le pays a été soumis par suite de l'allongement du cours des fleuves dont la pente était ainsi diminuée; car, dans le moyen âge, les guerres intestines empêchèrent les populations de faire aucun travail pour atténuer ces effets naturels. C'est ainsi que les marais de Castiglione, près Grosseto, devenus le foyer d'infection des Maremmes, étaient d'abord un golfe, puis un lac transformé en marais par les eaux troubles de l'Ombrone. Ce fleuve s'étant détourné vers la mer, le comblement du marais cessa; sans cela cette contrée serait depuis longtemps bonifiée.

Côme de Médicis fit ouvrir un canal navigable, le canal de Ximénès, de la Cateretta à Castiglione (planche XXI, figures 4 et 5).

En 1788, on proposa de détourner l'Ombrone dans le marais. Mais ce projet ne fut exécuté que sous le grand-duc Léopold II. On s'attacha d'abord à ne jamais admettre un mélange d'eau de mer et d'eau douce, car ce mélange,

exposé au soleil sur une faible profondeur, donne lieu à des exhalaisons pestilentielles en faisant pourrir les plantes qui y poussent. On exécuta donc des vannages destinés à empêcher les eaux de la mer de pénétrer dans le marais lorsque leur niveau est supérieur à celui des eaux intérieures.

Les eaux troubles pour le colmatage furent empruntées à l'Ombrone, fleuve important dont le cours tortueux est parallèle au marais, à 5 kilomètres à l'est.

Un premier canal de dérivation fut construit, ayant son origine au nord de Grosseto près Buccace, d'une longueur de plus de 8 kilomètres, pouvant débiter en moyenne 140 mètres à la seconde et 469 mètres en temps de crue.

On lui adjoignit bientôt un second canal de dérivation, de 5 kilomètres de longueur, ayant son origine au sud de Grosseto, pouvant débiter 76 mètres en moyenne et 206 mètres en crue.

L'Ombrone est un fleuve de 120 mètres de large, présentant des crues de 7 mètres au-dessus de l'étiage ; aussi la construction des barrages de dérivation présente-t-elle de sérieuses difficultés.

Les eaux ne sont rendues à la mer que lorsqu'elles ont déposé tout leur limon et qu'elles sont parfaitement claires ; on se servit pour cela d'abord du canal Ximénès élargi, puis de deux émissaires directs, les canaux de Saint-Léopold et de Saint-Roch, figure 5.

L'expérience a montré que, pour avoir des terrains susceptibles d'une bonne culture, il suffisait d'élever le sol en chaque point à une hauteur  $h$  au-dessus du niveau de la mer, telle que

$$h = 1,5 + \frac{d}{10000},$$

$d$  étant la plus courte distance du point considéré à la mer.

Le profil en long du marais montre que le point le plus élevé auquel il faut porter le colmatage est à 3<sup>m</sup>,10 au-dessus du niveau de la mer ; le lit de l'Ombrone à Buccace étant à la cote 9<sup>m</sup>,09, cela fait, sur une longueur de 15 kilomètres, une pente de 0<sup>m</sup>,40 par kilomètre, suffisante pour porter les eaux troubles au point le plus défavorable.

L'opération du colmatage marcha beaucoup moins vite qu'on ne l'espérait, car il y a beaucoup de temps perdu pour les travaux accessoires, exécution des digues et canaux, terrassements pour répartir les dépôts, etc.

Au bout de dix-neuf ans de travaux, il y avait 546 hectares en culture et 1,092 hectares prêts à recevoir la semence. Le reste des 8,110 hectares était presque assez élevé pour l'assainissement, mais non assez pour la culture.

#### COLMATAGES DE LA RIVE GAUCHE DU VAR.

Au siècle dernier, le Var avait un cours régulier entre deux rives fixes. On pense que c'est à la suite du déboisement des montagnes et aussi du déboisement des rives, qu'il a commencé à ronger ses rives et à divaguer dans la vallée, détruisant sur son passage les alluvions les plus fertiles.

Le premier projet d'endiguement, dressé par les ingénieurs sardes, date de 1825 ; des concessionnaires se présentèrent en 1844 pour l'exécution de ce

projet, mais les fonds leur manquèrent et ils durent s'arrêter. Après diverses péripéties, les travaux ne furent sérieusement repris qu'en 1860, et c'est le gouvernement français qui les a achevés.

M. Vigan, ingénieur des ponts et chaussées, a décrit ces travaux dans un Mémoire historique et technique sur l'endiguement et le colmatage de la rive gauche du Var, mémoire inséré aux Annales des ponts et chaussées de 1872 et dans lequel nous avons puisé les dessins de la planche XXVI et les renseignements qui vont suivre.

La figure 9 donne le plan général de l'endiguement : la ligne noire pleine représente la digue principale de la rive gauche, et les bassins d'atterrissement sont indiqués par des lignes transversales.

La digue principale, dont la coupe est donnée par les figures 5 et 6, est élevée à 4 mètres et 5 mètres au-dessus de l'étiage, c'est-à-dire à 4<sup>m</sup>,50 au-dessus du niveau admis pour les plus hautes eaux.

La largeur en couronnement est de 7 mètres pour la partie empruntée par la route nationale ; elle n'est que de 3,90 à l'aval du raccordement avec la route. Le talus extérieur en terre est à 1 1/2 de base pour 1 de hauteur ; le talus intérieur est à 45° avec revêtement en pierres sèches de 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur. et avec enrochements à la base, dont le cube avait été fixé à 4 mètres cubes par mètre courant ; ce volume paraît devoir s'élever à 8 mètres dans l'avenir lorsque les enrochements auront été convenablement nourris.

Le volume des blocs était fixé entre 0<sup>m</sup>,20 et 1 mètre, et il était constaté par un pesage à la bascule, la densité admise étant de 2660.

Un chemin de fer placé sur la digue, à 1 mètre de l'arête du perré, servait au transport des matériaux.

Il ne suffisait pas d'endiguer la rivière principale, il fallait aussi endiguer les affluents dans la partie en plaine, afin de les empêcher de répandre leurs eaux sur les graviers à colmater. Les ingénieurs sardes n'avaient d'abord prévu qu'une digue sur la rive gauche, c'est-à-dire sur la rive d'aval des affluents ; mais une seule digue était insuffisante, car les bassins d'amont eussent été envahis par les graviers lors des crues. En exécution, on endigua les deux rives ; les digues comprenaient un remblai en gravier soutenu par un mur en maçonnerie avec fruit extérieur de  $\frac{1}{4}$  ; la largeur en couronne est de 1<sup>m</sup>,70. La hauteur à l'origine est de 4 mètres au-dessus de l'étiage du Var ; le couronnement devait rester horizontal jusqu'au pied des versants, et là les digues devaient se relever parallèlement au lit des torrents pour aller s'enraciner dans les berges solides. Mais on réfléchit que, lorsque la partie horizontale des torrents serait endiguée, elle se trouverait dans la même situation que le lit supérieur et que le plafond s'éleverait, de manière à prolonger la pente de ce lit supérieur ; c'est en effet ce que l'expérience a démontré. La pente était voisine de 0<sup>m</sup>,027 par mètre ; on résolut donc de remblayer immédiatement le plafond et de l'établir suivant cette pente. Quant au couronnement des digues latérales, on le laissait horizontal jusqu'à ce que la revanche de la digue par rapport au niveau des plus hautes eaux eût atteint le minimum admis ; à partir de là, le couronnement était établi parallèlement au lit.

Ce système fut, en effet, adopté pour tous les petits torrents ; pour les grands qui eussent exigé des terrassements coûteux, on préféra laisser à l'avenir la charge de surélever les digues ou d'enlever les dépôts.

Les figures 7 et 8 représentent les dispositions des bassins de colmatage. Les levées de colmatage, espacées de 100 mètres dans le sens de la pente de la

vallée, devaient, d'après les ingénieurs sardes, être constituées d'un massif de gravier ayant 2 mètres de hauteur et 1 mètre de largeur en couronne ; un pertuis devait être ménagé dans chaque levée près de la digue principale, et une autre levée semblable devait suivre le contour des terrains à colmater. En exécution, on a reconnu qu'un seul pertuis était insuffisant et on en a établi deux, trois et jusqu'à quatre. La largeur en couronne a été réduite de 0<sup>m</sup>,20. Quant à la hauteur, elle est réglée d'après les principes suivants :

Ce qu'on voulait obtenir, c'était une couche de colmatage égale au moins à 0<sup>m</sup>,30 sur toute la surface des graviers ; cette épaisseur de 0<sup>m</sup>,30 est considérée comme suffisante pour une bonne culture. On s'est imposé la condition qu'il n'y eût à l'arrière des digues aucune partie des graviers située à moins de 0<sup>m</sup>,60 en contre-bas du couronnement ; il reste encore une revanche de 0<sup>m</sup>,30 entre le couronnement et le niveau du terrain complètement colmaté. Pour éviter la destruction des digues par les petites vagues, le niveau de l'eau doit être maintenu à 0<sup>m</sup>,20 en contre-bas du couronnement, ce qui laisse une épaisseur de 0<sup>m</sup>,10 pour la tranche d'eau surmontant le niveau définitif du sol. L'expérience a montré que ces dispositions donnaient de bons résultats.

Pour faciliter l'opération, on dérasait les éminences des bassins de gravier et on se servait du produit de ces déblais pour établir les levées.

Quand l'inclinaison des graviers dans le sens transversal de la vallée était notable, on créait deux étages de levées comme le montre la figure 7.

M. Vigan explique comme il suit la manière dont on procède à l'opération du colmatage :

« *Introduction des eaux et manœuvre des poutrelles.* — L'introduction des eaux troubles dans les bassins s'opère au moyen de barrages de déviation établis immédiatement à l'aval de chaque prise d'eau obliquement sur la direction de la digue principale.

Ces barrages sont formés de deux ou trois rangs de pieux moisés, de 3 à 4 mètres de fiche, de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,50 de saillie au-dessus des graviers ; l'intervalle est garni de moellons ; à l'aval sont posés des blocs d'un fort volume pour prévenir les affouillements.

Le couronnement est incliné en glacis de l'amont à l'aval.

A l'origine des travaux et pendant de longues années à la suite, on construisait les barrages avec des piquets de 2 mètres environ de longueur reliés sur la partie hors de l'eau par des fascinages et garnis par derrière d'une petite levée de gravier.

Ces dispositions étaient plus économiques au point de vue des frais de premier établissement ; mais, à chaque crue, les ouvrages étaient emportés ; il fallait donc y revenir à plusieurs fois, et nous avons reconnu que, tout compte fait, il était préférable de se placer de prime abord dans des conditions plus stables.

Les eaux une fois introduites dans les bassins, on les laisse courir derrière la digue entre les pertuis qui en longent le pied.

Le seuil de ces pertuis est établi au niveau de l'étiage du Var, et comme généralement les graviers se trouvent à 0<sup>m</sup>,80 au-dessus de ce niveau, il s'ensuit que presque partout, d'un pertuis à l'autre, il règne un fossé de 0<sup>m</sup>,80 de profondeur, dans lequel sont contenues les eaux déviées.

Sur quelques points où les graviers ne présentent pas une saillie aussi forte, les eaux s'épanchent librement sur des surfaces plus ou moins grandes.

Lorsqu'elles sont arrivées au dernier des bassins de la série qu'elles sont appelées à colmater, on place les poutrelles aux pertuis de la digue en aval de ce bassin.

Le gonflement se produit ; le bassin est inondé ; les eaux perdent leur vitesse et le limon se dépose.

Les poutrelles ne sont pas placées d'un seul coup sur toute la hauteur des pertuis ; il est utile, pour éviter de forts tassements dans les levées en gravier, de les soumettre à des pressions successivement croissantes. On commence donc par poser la moitié des poutrelles de façon à inonder seulement les parties les plus basses du terrain ; ce n'est qu'après ce comblement préparatoire des dépressions des bassins que l'on fait affluer les eaux jusqu'au niveau maximum qu'elles doivent atteindre, c'est-à-dire jusqu'à 0<sup>m</sup>,20 en contre-bas du couronnement des levées.

Les pertuis d'une même levée ne doivent pas être barrés constamment à la même hauteur. Autrement, les eaux arrivant par le fossé dans le bassin ne conserveraient pas une vitesse suffisante pour charrier le limon jusqu'au pertuis de la montagne ; les dépôts s'entasseraient dans la région voisine de la digue ; leur épaisseur irait toujours en diminuant à mesure qu'on s'en éloignerait.

Il faut donc avoir soin de tenir alternativement le déversoir de chacun des pertuis plus bas que l'autre, ou que les deux autres lorsqu'il y en a trois sur une levée ; le bassin se trouve alors sillonné de courants qui répartissent uniformément les dépôts à la surface.

Lorsqu'on juge que le dernier bassin est suffisamment colmaté, on passe à l'avant-dernier et successivement à chacun des autres, en remontant vers la prise d'eau.

On n'opère pas toujours absolument comme nous venons de le décrire, par bassin isolé ; lorsque les eaux sont très-troublées, on ne les dépouille entièrement de leur limon qu'en les faisant séjourner successivement dans cinq ou six bassins.

Ce procédé de colmatage, qui consiste à marcher de l'aval vers l'amont, a pour principal avantage de laisser toujours une entrée libre aux eaux troubles ; en commençant l'opération par les bassins les plus voisins de la prise d'eau, on provoquerait l'engorgement des canaux d'aménée et même du bief du barrage de déviation, et il faudrait, à des intervalles rapprochés, ouvrir un passage aux eaux vers les bassins inférieurs. »

Les analyses des eaux du Var, répétées pendant une année, de septembre 1864 à septembre 1865, ont montré que les époques les plus convenables pour le colmatage étaient juin et octobre.

En juin, c'est la fonte des neiges, en octobre, ce sont les pluies d'automne qui ravinent le sol profondément et augmentent la proportion de vase contenue dans les eaux du Var.

En juin 1865, le poids des troubles a atteint 37 kilogrammes par mètre cube d'eau.

En janvier 1865, ce poids est descendu à 9 grammes par mètre cube.

Le poids des troubles entraînés par le Var dans une année dépasse 19 millions de tonnes et est environ de 12 millions de mètres cubes, si on admet que le poids spécifique de l'alluvion desséchée est de 1600 kilogrammes.

Avec ce volume, on recouvrirait en une année une surface de 4000 hectares d'une couche arable de 0<sup>m</sup>,30.

Une dérivation de 1 mètre cube par seconde colmaterait en une année 7 à 8 hectares.

Les prises d'eau sont disposées de telle sorte qu'elles donnent au moins un mètre cube par seconde pour 30 hectares ; cela fait donc 4 années pour colmater toute la surface. Mais, à cause des pertes d'eau trouble, des défauts de nivellement des bassins, il faut porter à 6 années la période de colmatage.

La composition chimique des limons du Var conduit à la moyenne suivante :

	Mèt. cubes.
Résidu insoluble dans les acides.	45,00
Alumine et peroxyde de fer.	5,00
Carbonate de chaux.	40,00
Azote.	0,10
Eau combinée, carbone et autres matières organiques non dosées..	9,00
<hr/>	
	100,00

Pendant les travaux de colmatage, les fièvres paludéennes se développent dans la contrée et surtout parmi les ouvriers des chantiers. C'est, heureusement, un mal transitoire, car l'opération, une fois achevée, aura en réalité amélioré considérablement les conditions hygiéniques du pays et entraînera la disparition des fièvres endémiques.

Les bassins de colmatage sont de véritables marais : une active fermentation des matières organiques s'y développe pendant les chaleurs et dégage des miasmes abondants. On peut en combattre l'effet par une hygiène bien entendue : propreté du corps et du logis, nourriture de qualité convenable et boissons toniques. Nous avons donné à la page 56 les détails du régime à imposer aux ouvriers sur les chantiers de ce genre.

La dépense en capital des travaux d'endiguement du Var s'est élevée à :

7,432,000 francs ;

on a créé une voie carrossable de 17 kilomètres, colmaté 500 hectares de gravier, préservé 1000 hectares d'alluvions d'une ruine imminente, assaini une vallée malsaine.

L'aliénation des 500 hectares, à 6000 fr. l'un, rapportera 3 millions à l'État ; la route représente un capital de 850,000 fr. ; la conservation et l'augmentation des impôts représentent un capital de 1,500,000 fr.

Les déboursés ne seront donc pas entièrement couverts ; mais on aura exécuté une grande œuvre d'utilité publique.

#### COLMATAGES DE LA VALLÉE DE L'ISÈRE.

Dans la partie supérieure de son cours, l'Isère traverse la Savoie ; il y a quarante ans, cette rivière n'avait pas encore de lit fixe et se déplaçait sans cesse dans la vallée ; elle anéantissait ainsi au point de vue de la culture une superficie de 3000 hectares.

Au moment de la fonte des neiges, les eaux se répandaient sur toute la vallée et les parties cultivées se trouvaient souvent recouvertes de pierres et de galets.

Lors de l'étiage, le courant serpentait dans les bras principaux, et il restait de toutes parts de grandes surfaces d'eau stagnante, des *brassières*, véritables marécages, funestes à la santé publique.

C'est en 1830 que le gouvernement piémontais entreprit des travaux d'endiguement aujourd'hui complets.

L'Isère est enfermée entre deux digues parallèles, dont l'écartement à l'étiage est de 100 mètres à l'amont du confluent de l'Arc et de 150 mètres à l'aval.

Ces digues, qui ne peuvent être qu'exceptionnellement surmontées, ont mis à l'abri les parties latérales de la vallée, qu'on peut aujourd'hui cultiver en sécurité. Mais ces parties sont restées au-dessous du niveau moyen des eaux de la rivière ; des filtrations importantes se produisent dans le sous-sol perméable ; les anciennes brassières restent marécageuses, l'écoulement des affluents se trouve suspendu par suite de la surélévation résultant de l'encaissement des eaux ; la situation, au point de vue hygiénique, est aussi mauvaise qu'autrefois : on peut même dire qu'elle est pire, car c'est en été, lors des grosses eaux de l'Isère, que les eaux stagnantes atteignent leur volume maximum.

Pour transformer les bas-fonds, couverts en été de roseaux verdoyants, on a à sa disposition un moyen puissant : le colmatage produit par les troubles enlevés aux eaux de l'Isère.

Ce procédé, inauguré par les ingénieurs sardes, a reçu depuis 1860 une nouvelle impulsion de la part des ingénieurs français.

La pratique des colmatages de la vallée de l'Isère a été décrite dans un mémoire publié en 1868 par M. Drizard, conducteur des ponts et chaussées ; elle a été examinée dans son ensemble et au point de vue théorique dans un autre mémoire plus récent publié par M. l'ingénieur Choron. C'est dans ces deux écrits que nous avons trouvé les renseignements qui vont suivre :

La figure 2 planche XXV représente deux bassins de colmatage, l'un sur la rive droite, l'autre sur la rive gauche de la rivière, et en indique les dispositions principales.

Les digues latérales de la rivière, figure 3 planche XXV, sont formées d'un massif de gravier, sable et terre mélangés. Ce massif est recouvert à l'intérieur d'un revêtement de gros blocs de  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  de mètre cube ; le talus de ce revêtement est à 2 de base pour 1 de hauteur. Le talus extérieur, sans revêtement, est à la même inclinaison. La largeur en couronne est de 3 mètres au minimum.

La pente de l'Isère, dans la partie endiguée, est d'environ 0<sup>m</sup>,0015 par mètre.

Dans ces digues, on a ménagé, de distance en distance, en vue du colmatage futur, des prises d'eau. Ces prises d'eau sont des ponts en maçonnerie, barrés par 3 vannes de 1<sup>m</sup>,20 d'ouverture. Les figures 9 à 12 de la planche XXV en donnent l'élévation et la coupe en long.

On a eu le tort de placer les prises d'eau normalement au courant, car ce courant est rapide, et l'introduction de l'eau est défectueuse : le débit n'est pas ce qu'il devrait être eu égard à l'ouverture. On est forcé de construire en lit de rivière de petits enrochements qui dévient le courant.

Les eaux troubles sont donc introduites dans les bassins, bandes de terrain beaucoup plus longues que larges : pour maintenir les eaux à peu près uniformément partout, pour réduire le volume des eaux à employer et la hauteur des digues à construire, il a fallu fractionner ces bandes de colmatage en plusieurs bassins étagés suivant la pente de la vallée. Cette pente est, en effet, de 1<sup>m</sup>,50 par kilomètre, ce qui, pour une bande de 4000 mètres, représenterait de l'amont à l'aval une dénivellation totale de 6 mètres. Il faudrait alors, fig. 2 planche XXIII,

élever la digue extrême de la hauteur  $cb$  et introduire tout le volume d'eau correspondant à la section  $abcd$ . En fractionnant, au contraire, en trois bassins étagés, séparés par les digues  $m$ ,  $n$ ,  $p$ , transversales à la vallée, on reconnaît immédiatement qu'on diminue de beaucoup la hauteur des digues et le volume des eaux.

Les eaux troubles passent d'un bassin à l'autre au moyen de déversoirs ménagés dans les digues et le retour à la rivière des eaux clarifiées à la sortie du dernier bassin se fait au moyen de ponts déversoirs ménagés dans les digues, lors de leur construction, aux points supposés les plus convenables.

C'est par ces ponts déversoirs que les eaux des petits affluents entrent dans la rivière.

Les déversoirs entre les bassins sont construits en remblai de gravier, blocages et fascines comme le montrent les figures 4 à 8 planche XXV.

Le système adopté primitivement par les ingénieurs piémontais est représenté par la figure 7. Les piquets ont de 1 $m$ ,50 à 3 mètres de hauteur avec des diamètres de 0 $m$ ,07 à 0 $m$ ,16 ; chaque étage de piquets soutient à l'amont un madrier en sapin de 0 $m$ ,30 de hauteur sur 0 $m$ ,10 d'épaisseur et ce madrier repose sur des lits horizontaux de fascines en épines ou en branches d'aulne ou de peuplier. Dans les coffres ainsi formés, on plaçait une épaisseur de 0 $m$ ,30 de blocaille ou de cailloux. Les piquets faisaient au-dessus du madrier une saillie inutile de 0 $m$ ,50. Ces déversoirs étaient établis aux points les plus bas.

Le système adopté par les ingénieurs français, figure 5, est plus simple et plus économique : les piquets n'ont que 1 mètre à 1 $m$ ,50 avec des diamètres de 0 $m$ ,07 à 0 $m$ ,10.

La ligne supérieure seule soutient à l'amont un madrier en sapin ; les autres lignes soutiennent des boudins en branches d'aulne ou de peuplier, reliés par des harts avec les piquets. Les boudins ont 0 $m$ ,25 à 0 $m$ ,30 de diamètre ; les intervalles entre eux sont remplis avec de la blocaille, de 0 $m$ ,15 d'épaisseur. Le pied du talus est protégé par un lit de fascines.

A l'ancienne série de chutes on a substitué un glacis continu.

Ce système a bien résisté, même lorsque les nappes de déversement atteignaient une hauteur de 0 $m$ ,40. On ne s'astreint pas à choisir les parties les plus basses du terrain pour établir les déversoirs.

Les bourrelets d'enceinte et les turcies sont exécutés en remblai de gravier, sable et terre mélangés ; leur couronnement, établi à 0 $m$ ,75 au-dessus du niveau futur du sol, a une largeur de 1 mètre à 1 $m$ ,50 suivant la hauteur et les talus sont inclinés à  $\frac{1}{3}$ .

Chaque section d'atterrissement, comprenant un nombre plus ou moins grand de bassins, est en général alimentée par plusieurs prises d'eau, et à chaque prise d'eau correspond un groupe de bassins. Mais les eaux clarifiées du premier groupe tombent dans le second groupe et s'y mêlent aux eaux troubles qui y arrivent directement et dont la puissance colmatante se trouve ainsi réduite de moitié. Cette puissance est encore réduite dans le groupe suivant.

C'est donc une disposition très-vicieuse : les eaux devraient sortir claires du premier groupe de bassins, et tomber dans un canal de fuite, extérieur aux groupes suivants, canal qui recueillerait les eaux claires de tous les groupes de bassins et les conduirait à la rivière en un point situé à l'aval et assez éloigné pour qu'on obtienne la pente nécessaire à un rapide écoulement.

L'absence de ce canal extérieur qui recueillerait les eaux clarifiées et aussi

les eaux fournies par les versants de la vallée est la cause principale qui s'oppose au succès définitif des colmatages de l'Isère.

Un autre inconvénient est dans la disposition des ponts déversoirs ; ils se trouvent immédiatement à l'aval des sections de colmatage, de sorte qu'ils ne se prêtent à l'écoulement en rivière que lorsque les eaux sont basses. Ils cessent de fonctionner convenablement lorsque le niveau de la rivière s'élève, c'est-à-dire précisément à l'époque où les eaux sont le plus chargées de limon.

On est donc bien loin d'utiliser autant d'eau qu'on pourrait le faire et l'opération ne fait pas de progrès aussi rapides qu'elle le devrait.

M. Choron évaluait en 1871 à 180,000 francs les dépenses à faire pour compléter le colmatage de 650 hectares, valant 900,000 francs et susceptibles de prendre une plus-value minima de 800,000 francs.

Au point de vue économique, c'est donc une opération excellente, d'autant plus que les intérêts de la dépense sont couverts, pendant le colmatage, par le produit assez élevé de la vente des roseaux ou *blâches* qui croissent dans les bassins.

Dès les premiers temps du colmatage, on en a reconnu les excellents résultats et des terrains dénudés se sont couverts d'alluvions et de roseaux ; les rose-lières ou blâches se sont sans cesse développées. La récolte de 1866 sur 600 hectares atteignait 2400 tonnes, qui ont été vendues 18,000 francs. Afin de faciliter la récolte des roseaux, on ménage dans les turcies de chaque bassin une vanne permettant de le débarrasser des eaux.

En six ans, une prise d'eau de 3 vannes, semblable à celle que nous avons décrite, suffit à produire une couche d'atterrissement de 0<sup>m</sup>,50 sur 45 hectares, malgré les défauts du système.

Les plantes aquatiques se montrent spontanément dans les bassins la seconde année du colmatage, et, dès ce moment, l'eau se trouve dépouillée beaucoup mieux et beaucoup plus vite du limon qu'elle renferme.

La troisième année paraît le grand roseau (*arundo phragmites*) qui ne tarde pas à tout envahir et à étouffer les autres plantes ; il active encore le dépôt des limons et les eaux qui passent dans le second bassin sont peu chargées.

La quatrième année, la formation des roseaux est compacte ; ils atteignent 4 mètres de hauteur et clarifient complètement les eaux dès le premier bassin.

Aussi faut-il, l'année suivante, ouvrir à travers ce premier bassin un canal qui conduise directement une grande partie des eaux troubles dans le second bassin.

Cette étude des colmatages de l'Isère est intéressante ; elle montre qu'on aurait gagné un temps considérable et réalisé une opération beaucoup plus fructueuse si on avait exécuté dès l'abord les travaux d'après un plan d'ensemble conçu d'après les principes suivants : introduire en tout temps un volume d'eau aussi considérable que possible et ménager aux eaux claires, ainsi qu'aux eaux des versants un écoulement aussi large et aussi rapide que possible.

## CANAL DE CRAPONNE. — COLMATAGE DE LA CRAU.

Le canal de Craponne, dérivé de la Durance, a deux branches principales qui se terminent l'une à Arles, l'autre à l'étang de Berre, figure 4 planche XXV.

Le canal a été construit au seizième siècle ; il est l'œuvre d'Adam de Craponne dont la vie, peu connue jusqu'ici, a été racontée par M. Félix Martin, ingénieur des ponts et chaussées, dans une notice insérée aux Annales de 1874, notice claire et intéressante qu'il faut lire en entier.

« Le nom même d'Adam de Craponne, dit M. Martin, est presque ignoré en dehors du lieu de sa naissance et de la région qui, depuis plus de trois siècles, s'enrichit du fruit de ses travaux. La France a cependant produit peu d'esprits aussi éminents, peu d'hommes qui aient donné un plus bel exemple d'attachement inébranlable aux traditions de loyauté, de désintéressement et de droiture, auxquelles les ingénieurs français sont toujours restés fidèles. »

Adam de Craponne naquit à Salon vers 1523 ; dès sa jeunesse, il fut attaché à la maison du roi Henri II dont il gagna la confiance ; c'est en 1548 qu'il reçut de lui les lettres patentes lui accordant la concession d'un canal dérivé de la Durance.

La guerre l'appelle sur ces entrefaites et recule le commencement des opérations jusqu'en 1554 ; le 17 août 1554, un arrêt de la Chambre des comptes de Provence autorise Adam de Craponne à « prendre l'eau en la rivière de Durance et à faire la prise escluse de la dite eau au terroir de Janson pour la conduire et dériver par un béal et fossé de la largeur et profondité que verra lui être nécessaire.... jusques et au-dedans du terroir de Saint-Chamaz pour le vider à la mer, et à faire et construire de la dicta eau moulins, angins d'eau, usages et autres utilités qu'il se pourra adviser de faire à son proffict. »

**Plaine de la Crau.** — Le plus grand parti qu'on puisse tirer du canal de Craponne est le colmatage de la plaine de la Crau. Voici d'après M. Félix Martin une description exacte et pittoresque de cette plaine :

« Il existe, dit-il, au sud et à l'ouest de la chaîne des Alpines une plaine qui s'étend jusqu'au Rhône : c'est la *Crau*.

Cette vaste étendue de terrain était autrefois entièrement aride et brûlante ; Strabon la désignait sous le nom de *terram horridam* ; son aspect s'est beaucoup modifié, mais une partie de ce désert de cailloux subsiste encore parsemé d'oasis et bordé de plaines fertiles.

La géologie fait remonter la formation de la Crau à la période glaciaire. La masse de galets libres ou renfermés dans une gangue de boue durcie qui la recouvre, est sans doute le résultat d'une de ces formidables débâcles qui bouleversaient alors les parties inférieures des bassins.

Ce sont les matériaux accumulés dans les moraines et les terrasses de la vallée qui ont fourni les innombrables cailloux qui recouvrent la Crau. A cette époque la Durance se jetait, non pas dans le Rhône, mais directement à la mer. (Ch. Martins.)

Ainsi qu'on l'a fait observer, du reste, la configuration topographique de la plaine montre bien que son origine n'est pas sédimentaire et que sa surface figure celle d'un cône de déjection.

Le cône de la Crau est parfaitement dessiné dans la carte de l'état-major. Il

forme un vaste triangle dont la base s'étend le long du Rhône, et dont les côtés, partant du sommet du cône, vers Lamanou, sont occupés par les deux branches du canal de Crapponne. (Cezanne.)

Le sol de la Crau est composé de deux couches correspondant à deux formations géologiques distinctes et appartenant l'une et l'autre à la période quaternaire. La couche superficielle est composée de cailloux quartzeux, disséminés dans un sable argileux et coloré ; son épaisseur maxima est de 1 mètre. La seconde formation est constituée par des cailloux que relie un ciment calcaire, ce qui produit un poudingue fort compacte formant un sous-sol presque imperméable.

« Rien n'est plus triste que la Crau inculte, dit un des auteurs qui l'ont le mieux étudiée au point de vue géologique et agricole ; on n'y voit pas un arbre, pas même un buisson, mais seulement des cailloux roulés formant une nappe continue d'une étendue indéfinie. On se croirait au milieu d'un désert de l'Afrique. En été, c'est à peine si l'on y aperçoit quelques graminées clair-semées et jaunies. Au seizième siècle, on comptait 53,000 hectares de ce terrain aride et désolé. »

La transformation en un sol fertile et boisé fut le problème qu'Adam de Crapponne entreprit de résoudre à l'aide du colmatage produit par les eaux de la Durance.

Cette rivière est sans doute celle de la France qui se prête le mieux à une telle opération. Ses eaux proviennent de la réunion des torrents et ruisseaux des Hautes et Basses-Alpes qui sortent pour la plupart d'un calcaire marneux feuilleté, noir, très-friable, appartenant au lias. La corrosion des flancs dénudés de ces montagnes produit d'énormes masses de boues, qui, longtemps roulées, mêlées aux détritus végétaux, se transforment dans la partie inférieure de la vallée en un limon assez riche.

**Description du canal.** — Adam de Crapponne, sans avoir pu se rendre compte d'une manière précise de la richesse des limons de la Durance, avait su apprécier le parti qu'on en pourrait tirer pour le colmatage. Les nivellements lui avaient permis de constater que les eaux prises au pont de Cadenet pouvaient être conduites dans la Crau en traversant la chaîne des Alpines, par la coupure profonde près de laquelle se trouve le village de Lamanou, sans tunnel et sans travaux d'art importants. La plus grande difficulté technique consistait dans l'établissement de la prise sur la Durance ; nous verrons plus loin comment elle fut résolue.

L'idée d'appliquer les eaux de la Durance au colmatage de la Crau domine toute l'économie du projet de Crapponne : la pente moyenne de son canal est assez forte pour que la vitesse de l'eau atteigne et dépasse même à certains points 2<sup>m</sup>,50 par seconde. Aussi les limons arrivent-ils aux points les plus éloignés du réseau des canaux de distribution. Cette vitesse, excessive pour un canal, rend inutile son curage, opération si onéreuse dans les autres canaux dérivés de la Durance établis en vue des irrigations avec une pente très-inférieure à celle du canal de colmatage. Il est évident que si l'ingénieur avait construit ce canal plus spécialement en vue des irrigations, il eût ménagé sa pente de façon à arroser la plus grande surface possible des terrains situés à flanc de coteau, les seuls cultivés au seizième siècle dans toute cette région. Il n'en est rien ; la branche mère arrive au col de Lamanou juste au niveau du point le plus bas du col ; de là les branches secondaires divergent en suivant à peu près les génératrices du cône de déjection qui constitue la Crau. Crapponne n'a dérogé à cette

règle qu'en faveur du territoire de Salon, sa ville natale, dont il voulait faire profiter le territoire, dans toute la mesure du possible, du bienfait des arrosages.

Divers documents contemporains de Craponne montrent qu'il avait l'intention arrêtée d'agrandir son canal pour en augmenter le débit. Mais tel qu'il a été construit, il pourrait déjà fournir les moyens de transformer la Crau en terre arable dans une période relativement restreinte. Le débit de ce canal, qui est aujourd'hui de 12 à 15 mètres cubes, pourrait être facilement porté à 18 mètres, soit 570 millions par an. La Durance, qui roule dans une année 12 milliards de mètres cubes d'eau, entraîne un poids total de limon de 17 millions de tonnes. En comparant les débits des diverses périodes de crue ou d'étiage aux poids des troubles que contiennent les eaux, on arrive à ce résultat très-rapproché de la vérité que si une prise à débit continu est faite sur la rivière, 1 mètre cube d'eau de cette prise contiendra en moyenne 1<sup>1</sup>,105 de matières solides en suspension. Le canal de Craponne pourra donc charrier, dans une année, environ 630,000 tonnes de limon qui représentent 408,000 mètres cubes pouvant recouvrir 163 hectares d'une couche de terre arable de 0<sup>m</sup>,25 d'épaisseur. Ce canal aurait donc pu, depuis 320 ans, colmater 52,000 hectares, c'est-à-dire une superficie sensiblement égale à celle de la Crau. Il n'en a malheureusement pas été ainsi ; le quart seulement de cette plaine a été fertilisé, et le colmatage n'avance que fort lentement ; sans parler des abus qui se commettent dans les arrosages pendant la période d'été, les eaux d'hiver, les plus chargées de limon, sont perdues complètement.

Les considérations qui précèdent caractérisent le côté saillant de l'œuvre de Craponne ; il ne sera pas sans intérêt d'entrer dans quelques détails sur la nature des travaux qui, chose importante à noter, furent exécutés par lui seul, avec ses seules ressources, dans une période de dix années.

La branche mère, dont le parcours est d'environ 33 kilomètres et dont le débit moyen est de 12<sup>m</sup>,500, peut contenir 15 mètres cubes. Elle part du pont de Cadenet pour arriver à Lamanou. Vers ce col, le canal se bifurque en deux branches : celle d'Arles, dont le débit est de 7 mètres cubes, et celle de Salon, qui débite 5<sup>m</sup>,500.

Cette dernière se divise à son tour, après un trajet de 5,941 mètres, en deux autres branches : celle dite de Salon, qui arrose sur 8,758 mètres les territoires de Salon et de Grans et se jette dans la rivière de la Touloubre ; puis la branche de Pelissane qui, après avoir arrosé le terrain de ce village, traverse la Touloubre, arrose les communes de Lançon, Cornillon, et se jette dans l'étang de Berre, aux environs de Saint-Chamas, après un parcours de 22,913 mètres.

La branche d'Arles, à une distance de 7,150 mètres de son origine, donne naissance au canal d'Istres, dont la longueur totale est de 25 kilomètres, le débit de 500 litres par seconde, et qui va se jeter dans l'étang de Berre, après avoir mis en jeu des usines importantes. La branche d'Arles côtoie la Crau au nord, arrive à cette ville sur un aqueduc de cent vingt arches, et se jette dans le Rhône après avoir parcouru une longueur de 50 kilomètres.

L'œuvre de Craponne se compose donc d'un développement total de canaux de 145,582 mètres, débitant de 15,000 à 500 litres par seconde, sans compter une longueur considérable de rigoles secondaires qui sont le complément du réseau des canaux de colmatage et d'irrigation.

La pente moyenne des branches principales serait de 0<sup>m</sup>,0025 par mètre s'il n'existe pas sur le parcours du canal de nombreuses chutes pour usines. En réalité, cette pente varie de 0,0015 à 0,0020.

Le profil transversal de tous les canaux présente cette particularité que la profondeur des parties en déblai ne dépasse pas 1 mètre. Aussi la largeur de la branche mère et des branches principales à fort débit est-elle hors de proportion avec cette profondeur restreinte. Cette disposition a dû être adoptée par Crapponne pour éviter des déblais coûteux dans le rocher de poudingue très-dur, difficilement attaquant à la poudre, qui forme le sous-sol de la Crau.

J'ai parlé plus haut de la prise sur la Durance : la solution adoptée par Crapponne est intéressante à étudier ; elle est ingénieuse et simple, et jusqu'à ce jour on n'a rien trouvé de mieux pour alimenter les canaux qui en dérivent.

La Durance présente un caractère torrentiel qui rend son régime extrêmement irrégulier ; elle en est à ce degré de transformation que M. l'ingénieur Surell, dans un ouvrage devenu classique, désigne sous le nom de *Période de divagation*, où les eaux cherchent la figure de la section et les inflexions du cours qui correspondent à la plus grande stabilité. « Le trait le plus saillant de cette rivière est de divaguer sur un lit plat, très-large, et dont elles n'occupent jamais qu'une très-petite portion. Ce n'est pas seulement la forme de la section fluide qui se modifie et dans laquelle se déplace de temps en temps le thalweg ; c'est la masse tout entière des eaux qui abandonne son lit, le laisse tout à coup à sec, et se transporte dans un lit nouveau à une grande distance du premier. Ce qu'on appelle ici les délaissés de la Durance sont des plages qui se prolongent au loin, tantôt couvertes de cultures, le plus souvent stériles, et dont la largeur excède souvent 800 mètres. »

Le régime de la Durance offre cette particularité que le déplacement de son lit n'a pas lieu seulement dans le sens horizontal, mais aussi dans le sens vertical. Vers la partie voisine de son embouchure, ce dernier mouvement est devenu presque insensible, mais il s'accentue lorsqu'on remonte dans la vallée ; l'abaissement continu du lit de la rivière, longtemps contesté, est aujourd'hui un fait avéré ; on ne peut l'attribuer aux endiguements, qui ont pris depuis cinquante ans une grande extension ; il n'a cessé de se produire depuis l'époque où la prise du canal de Crapponne fut établie, c'est-à-dire depuis trois cents ans, ainsi que le prouvent les déplacements successifs de cette prise. Il est même permis de croire que cette inconstance du lit doit s'amoindrir avec le temps, et que la Durance en arrivera un jour à la période de *régime* où les eaux débordent et rentrent dans un lit invariable. L'analogie conduit à supposer que toutes les rivières ont, de même que les torrents, préparé leur régime par des périodes d'instabilité. Lorsqu'on considère les larges vallées dans lesquelles coulent la plupart des fleuves qui circulent à la surface du globe, lorsqu'on observe que le fond de ces vallées est plat, nivelé par les eaux, et entièrement formé par leurs alluvions, n'est-il pas permis de croire que tous ces cours d'eau ont eu, pendant une longue série de siècles, des divagations pareilles à celles que nous observons aujourd'hui sur la Durance ? Mais peu à peu le champ des oscillations s'est resserré, ainsi qu'on le voit si bien sur les torrents, et comme ceux-ci aussi, ils ont fini par s'encaisser, tandis que la Durance et ses congénères, sorties de montagnes plus récentes, sont arrêtées encore aujourd'hui dans la deuxième période.

Le régime de la Durance était sans doute, au XVI<sup>e</sup> siècle, plus instable encore qu'aujourd'hui.

Crapponne, esprit éminemment pratique, comprit qu'il s'exposait à des mécomptes en cherchant à établir un ouvrage fixe dans un lit sujet à de continues variations. Il se borna à établir une prise latérale sur un point de la rive correspondant à une largeur normale de la Durance, et adopta un ensemble de

dispositions propres à assurer en toute saison l'alimentation de cette prise. On n'a pas eu d'amélioration à apporter à la pratique qu'il a inaugurée depuis plus de trois siècles, et, chose singulière, depuis Adam de Crapponne, la surveillance et l'exécution des travaux d'*introduction des eaux* (c'est l'expression consacrée) ont toujours été confiées aux mêmes familles. Les eaux sont déviées sur la prise à l'aide de barrages volants établis dans les bras de la Durance ; ces barrages sont formés, dans les parties de 0<sup>m</sup>,60 de profondeur, par des piquets retenant un cours de fascines chargées de cailloux ; dans les parties plus profondes, par des chevalets en bois reliés par des traverses moisées et supportant également des fascines. Ces chevalets sont d'autant plus rapprochés que la profondeur est plus grande ; on en place quelquefois dans des fonds de 4 à 5 mètres. Ces barrages volants sont toujours placés obliquement au courant qui presse les fascines avec force contre les pierres et les chevalets. Il va sans dire que ces ouvrages exigent de continues réparations ; mais leur rétablissement est peu coûteux ; ce n'est qu'une question de main-d'œuvre, car les matériaux employés sont d'un prix peu élevé.

Telles sont les principales dispositions adoptées par l'ingénieur pour l'exécution de cette œuvre considérable. J'ai expliqué plus haut comment elle a été dénaturée dans une certaine mesure et détournée de sa véritable destination, ce qui explique qu'elle n'ait pas réalisé toutes les améliorations que Crapponne avait en vue. Les résultats obtenus n'en ont pas moins une grande importance ; il est intéressant d'évaluer dans quelle proportion le canal de Crapponne a contribué à accroître la richesse de la contrée.

La superficie des terres colmatées est aujourd'hui de 13,000 hectares dont la valeur varie de 1,200 francs (terres arables) à 5,000 francs (prairies), tandis que celle des terres caillouteuses qui servent de pâturage, pouvant alimenter au plus deux brebis par hectare, est de 300 francs.

La plus-value du sol résultant du colmatage peut donc être fixée à près de 33 millions de francs. A ce chiffre, il faut ajouter l'augmentation de valeur d'environ 6,000 hectares transformés en prairies, dont le prix s'est accru de 3,000 francs, ce qui donne encore 18 millions ; en tout plus de 50 millions, sans compter la richesse résultant des 33 usines établies sur le canal et ses branches et que les eaux de Crapponne mettent en jeu.

Cette plus-value devrait être triplée si, au lieu de chiffrer les résultats acquis, on tenait compte de ceux qu'on eût dû obtenir si le canal de colmatage avait réalisé toutes les améliorations qu'on eût pu en attendre en transformant en sol arable la plaine aride de la Crau. La description suivante donne une idée aussi exacte que pittoresque des résultats de cette transformation sur les points où elle est achevée. « Au milieu de la plaine, on remarque là et là des parties cultivées, entourées de grands arbres au milieu desquels la ferme est cachée. On les désigne sous le nom de *mas* : ce sont les oasis de la Crau. Sans transition on passe de la plaine découverte, nue et brûlante, dans l'ombre fraîche et sombre des ormeaux et des peupliers séculaires, dont le pied baigne dans les canaux d'irrigation. A l'abri de ces arbres, tout réussit, car les eaux de la Durance, chargées du limon noir des terrains liasiques qu'elles traversent, sont portées jusqu'aux extrémités de la Crau. Les prairies défendues par les arbres à feuilles caduques contre l'ardeur du soleil en été et fumées par le pacage des moutons en hiver sont aussi vertes que dans le nord de la France. Le mûrier, le figuier, l'olivier, le cerisier et d'autres arbres fruitiers y prospèrent à l'abri du mistral, défendus par les rideaux de magnifiques cyprès qui hordent les

rigoles d'arrosement. Dans les mêmes conditions, les légumes prospèrent très-bien sur le sol nettoyé de pierres et réduit aux alluvions fertiles déposés par les eaux. »

Adam de Craponne attaqua les travaux de son canal en 1554, et vendit pour les poursuivre tous les biens qu'il possédait. Il était abandonné de sa famille et de ses amis qui doutaient du succès ; seuls, Jeanne de Craponne, sa sœur, et son beau-père, Antoine de Cadenet, le soutinrent énergiquement et lui vinrent en aide aux jours de l'infortune et du découragement.

En 1557, il voulut mettre l'eau dans la branche de Salon, mais les infiltrations absorbèrent tout le volume dérivé ; pas une goutte n'arriva jusqu'à Salon ; le malheureux ingénieur fut hué par tous ses concitoyens.

Il parvint à étancher son canal et l'inauguration solennelle se fit en 1559, les eaux arrivèrent à Salon en grande abondance. « Là, dit Nostradamus, tout le peuple assemblé, non pour voir enfanter une montagne avec moquerie et risée, mais comme au spectacle de quelque miracle nouveau, receut cette eau avec applaudissement, estonnement et joie autant incroyable que inespérée. En ce principalement que plusieurs sages avoient creu, voire mesmes semé, que Craponne avait entrepris l'insaisable et l'impossible. »

Adam de Craponne ne profita pas du succès, et la liquidation du passé lui enleva ses dernières ressources et le contraignit à hypothéquer l'avenir.

Cependant, en 1561, il commença la branche d'Arles qui fut achevée par d'autres, après sa mort, en 1585.

Les créanciers d'Adam de Craponne recueillirent le profit de ses grands et utiles desseins.

Les dernières années de sa vie furent employées à préparer d'autres travaux ; c'est à lui qu'on doit attribuer la première conception du canal du Midi ; il eut l'honneur de dessécher les marais de Fréjus, œuvre que Nostradamus compare au travail d'Hercule, nettoyant « les estableries d'Augias, roi d'Élide. » Il dirigea les fortifications de Nice, s'occupa d'un projet de dessèchement et d'irrigation de la Camargue, et remplit, à la fin de sa vie, les fonctions d'inspecteur général des fortifications du royaume ; il paraît être mort à Nantes en 1576.

**Etat de la question du colmatage de la Crau.** — L'idée du colmatage de la Crau a été reprise dans ces dernières années ; le projet le plus récent est celui de M. l'ingénieur en chef Nadault de Buffon.

« Ce projet, présenté en 1874 à l'approbation de l'administration, comporte, dit M. Félix Martin, la création d'un canal de colmatage ayant un débit de 80 mètres cubes d'eau par seconde, qui, par suite de l'évaporation, des fuites et des filtrations, serait réduit à 72 mètres cubes. Ce canal aurait sa prise sur la rive gauche de la Durance à 600 mètres en aval du pont de Mallemort. Il se dirigerait de ce point sur la trouée de Lamanou et longerait ensuite la limite Est de la Crau pour contourner enfin le périmètre des marais à combler.

La prise en Durance se rapprocherait beaucoup du genre de celle de Craponne. Elle serait formée de vingt vannes de 1<sup>m</sup>,66 de largeur, complétée par un barrage se composant d'un seuil en pieux, piquets, clayonnages et enrochements, sur lequel on établirait, si cela était reconnu nécessaire, un système de hausses destinées à être levées progressivement pour régulariser le niveau des crues moyennes. Ces hausses seraient d'ailleurs complètement abaissées, soit à l'étiage, soit aux époques de fortes crues.

Le tronc commun de ce canal alimentaire aurait environ 20 kilomètres ; il se

subdiviserait d'ailleurs en canaux secondaires destinés à amener les eaux limoneuses sur la Crau et dans les marais de Fos. La section et la pente du canal principal sont déterminées de façon à assurer aux eaux une vitesse moyenne de 1<sup>m</sup>,25. Les canaux secondaires, au nombre de douze, auraient ensemble une longueur de 20,600 mètres ; ils desserviraient douze bassins de 400 hectares dont chacun serait divisé en trois compartiments se remplissant alternativement tous les trois jours. Des dispositions très-étudiées assurerait l'écoulement à la mer des eaux de colature.

Telle est l'économie générale de ce projet, dont l'estimation est de 16 millions, et qui permettrait de colmater 20,000 hectares de terrains pierreux de la Crau, ainsi que 5,000 hectares de marais.

Sans se dissimuler combien l'exécution d'une telle entreprise présente de difficultés de toute nature, tant au point de vue technique qu'au point de vue administratif ; malgré l'insuffisance de la loi de 1807 et l'absence totale de toute législation en ce qui a pour effet de contribuer aux assainissements, on peut affirmer qu'il n'est pas au-dessus des moyens dont nous disposons aujourd'hui de mener un tel travail à bonne fin. L'expérience du canal de Craponne fournira du reste de précieuses indications, et, lors même que son exemple ne servirait qu'à mettre en garde contre les fausses manœuvres, à éviter les tâtonnements inséparables de toute tentative nouvelle, il aurait à ce seul point de vue une incontestable utilité. »

**Colmatages près d'Avignon.** — L'utilisation des eaux de la Durance a déjà été faite sur une moindre échelle ; voici la description que M. l'ingénieur Comte donnait en 1850 des petits colmatages exécutés près d'Avignon : Les garrigues d'Avignon sont formées par un mélange de terre végétale et de cailloux ; dès les premières années d'irrigation, l'ancien sol se recouvre d'une excellente couche de limon, et les vieilles prairies des garrigues de Montfavet ont acquis au-dessus de l'ancien sol une épaisseur de 30 à 35 centimètres d'excellente terre végétale.

Un habitant d'Avignon possède une propriété de 150 hectares presque entièrement composée de garrigues. Ce propriétaire dérive 400 litres d'eau par seconde du canal Crillon, et comme il est impossible de cultiver une aussi grande propriété en prairie, il a eu la pensée de créer des terres arables sur les cailloux de ces garrigues. Voici les procédés qu'il emploie.

La terre à colmater, planche XX, est d'abord entourée d'un fossé destiné à l'isoler des terres riveraines et à recevoir les infiltrations ; les déblais du fossé servent à établir une chaussée qui s'élève à 0<sup>m</sup>,70 environ au-dessus de la terre à colmater. Ladite terre est ensuite coupée en zones *a*, *a'*, *a''*, *a'''*, *a''''*, *a'''''*, de plus en plus petites au fur et à mesure qu'on s'éloigne du fossé qui doit fournir les eaux.

Ces zones sont formées par de petites chaussées ; le couronnement de la première est à 0<sup>m</sup>,50 au-dessus du terrain et les autres sont disposées de façon que la terre conserve une倾inéation vers la direction *a*, *a'''''* ; dans le chantier dont il est question, par exemple, le couronnement de la seconde chaussée est placé à 0<sup>m</sup>,10 en contre-bas de celui de la première et ainsi de suite, le couronnement de chaque chaussée étant placé à 0<sup>m</sup>,10 plus bas que celui de la précédente.

Les eaux sont introduites dans le compartiment *a* au moyen du fossé *bb* ; lorsque ce compartiment est rempli les eaux sont déversées dans le compartiment *a'* par-dessus la chaussée *b'b'* ; elles se rendent ensuite successivement

dans chacun des compartiments où elles déposent tous les troubles qu'elles tiennent en suspension; puis elles sont reçues dans le fossé *cc* où elles arrivent aussi claires que l'eau de roche.

Le premier compartiment *a* est bientôt colmaté; aussitôt qu'il a reçu la couche de terre qui paraît convenable, on creuse un fossé le long de la chaussée *b'b'* dans le compartiment *a* pour l'isoler du reste du chantier; on renforce cette chaussée, et le compartiment *a'* devient à son tour tête de colmatage.

On continue ainsi, jusqu'à ce que chacun des compartiments ait été suffisamment colmaté. Les divers compartiments *a*, *a'*.... recevant successivement les eaux, les dépôts les plus grossiers se font dans les premiers compartiments et les dépôts les plus ténus dans les derniers; chacun des compartiments recevant à son tour les eaux de première main, reçoit ainsi successivement les plus ténus et les plus grossiers, et les charruages mélangeant parfaitement les diverses natures de serres.

Lorsque les terrains n'ont pas beaucoup d'inclinaison, les petites chaussées *b'b''b'''*, etc., sont alors au même niveau; sur la fin de l'opération, on fait arriver les eaux par les deux extrémités opposées, et le choc des deux vitesses opère parfaitement le mélange des dépôts.

La chaussée *cc*, la dernière du chantier, est placée à 4 ou 5 mètres du bord environ. Les charruages annuels amènent sur cette partie la portion de terre qui lui est nécessaire pour participer à l'amélioration dont le terrain a été l'objet, et cette disposition permet de favoriser l'écoulement des eaux pluviales.

Le colmatage une fois terminé, on laboure la terre au moyen de la charrue à dix colliers qui enlève les chaussées, comble les fossés, nivelle le terrain et mélange les diverses couches amenées par le colmatage.

Il est une précaution indispensable pour empêcher les colmatages d'être des foyers d'infection. C'est de veiller à ce que la couche d'eau répandue sur le terrain ait au moins 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur; car sans cela, cette eau presque stagnante s'échauffe aux rayons solaires et entraîne la décomposition des végétaux qui poussent sous l'eau. C'est pour arriver à ce résultat que la terre à colmater est divisée en petits compartiments; car lorsque le premier compartiment est près d'être colmaté, l'eau qui passe dans ce compartiment est animée d'une vitesse plus grande que lorsque le colmatage commence; elle entraîne donc une grande partie des troubles qu'elle tenait en suspension; mais ces troubles se déposent dans les compartiments suivants. Si on n'avait qu'un seul compartiment, les troubles que l'eau entraînerait à la fin de l'opération seraient perdus, ou bien il faudrait réduire la quantité d'eau à amener dans le compartiment, ce qui serait nuisible à la salubrité de la contrée.

L'absence des troubles et la nécessité d'employer les eaux aux irrigations réduisent à quatre mois l'espace de temps pendant lequel on peut appliquer les eaux aux colmatages. La surface colmatée qui nous occupe est de 9 hectares en 3 ans, ce qui fait 3 hectares par an; la couche du limon apportée sur le terrain ancien est de 50 à 70 centimètres. La dépense par hectare est de 450 francs. Les bénéfices sont énormes puisqu'on transforme des terrains qui valent 1200 fr. l'hectare en terres à blé de 7000 fr., et qu'en outre cette terre porte sept ou huit récoltes de blé sans qu'il soit nécessaire d'y mettre aucun engrais.

Une grande partie du territoire d'Avignon pourrait être soumise à cette opération; mais la propriété y est si divisée qu'il serait impossible de former une association volontaire entre les divers propriétaires de garrigues.

Mais ce qui serait au moins très-difficile dans les plaines d'Avignon, serait d'une grande facilité dans les immenses déserts de la Crau. L'eau de la Durance y arrive, il n'y aurait qu'à agrandir les canaux pour augmenter le débit pendant l'hiver, et l'on pourrait avec 50 mètres cubes d'eau créer annuellement 300 hectares de terres labourables.

## ALLUVIONS DE LA BASSE SEINE.

Les travaux d'endiguement de la basse Seine ou Seine maritime ont été entrepris en vue d'améliorer la navigation entre le Havre et Rouen.

A ce point de vue, ils ont produit de bons résultats, mais ce ne sont point de ces résultats que nous voulons nous occuper ici. En traitant de la navigation fluviale, nous examinerons complètement la question de l'endiguement et nous décrirons les procédés en usage pour l'établissement des digues submersibles ou insubmersibles.

Dans cette partie de notre ouvrage nous n'avons à parler que des résultats agricoles dus à l'endiguement de la basse Seine.

Ces résultats accessoires de l'opération principale ont néanmoins une importance telle qu'à eux seuls ils justifieraient l'utilité publique du travail entrepris.

On a resserré le courant entre les deux digues longitudinales et on a substitué ainsi un chenal fixe à l'ancien chenal mobile qui se tenait tantôt sur l'une, tantôt sur l'autre rive; autrefois, dans une seule marée, des prairies d'une grande valeur étaient arrachées et entraînées par les flots. Les digues ont mis à l'abri de ces ravages l'excès de largeur de l'ancien lit; les bancs de sable et de vase ont été enlevés entre les digues par la force des nouveaux courants, et ces matières solides tenues en suspension par les eaux se sont déposées derrière les digues dans les parties tranquilles.

Ces alluvions n'ont pas tardé à se couvrir d'elles-mêmes d'excellentes prairies.

De 1846 au 1<sup>er</sup> janvier 1867, l'exécution des digues de la Seine maritime a entraîné une dépense de 13,500,000 francs.

Voici, d'après la notice présentée à l'Exposition universelle de 1867, les résultats obtenus au point de vue du colmatage :

L'exécution des endiguements de la basse Seine a donné naissance à des dépôts de sables vaseux en dehors des digues, dépôts qui se sont élevés rapidement au niveau des pleines mers de vive eau et qui, grâce à une puissante végétation, se sont transformés en prairies d'une valeur importante.

Leur surface est d'environ 8600 hectares détaillée au tableau suivant :

DÉSIGNATION DES LIEUX.	DÉPARTEMENTS.		SURFACE TOTALE.	OBSERVATIONS.
	SEINE-INFÉR.	EURE.		
<b>RIVE DROITE.</b>				
De la Mailleraye à Villequier . . . .	hect.	hect.	hect.	
93,00	•	93,00		
De Villequier à Tancarville . . . .	2020,98	•	2020,98	
De Tancarville au Hode . . . . .	3169,20	•	3169,20	
<b>RIVE GAUCHE.</b>				
De la Mailleraye à l'île de Belsinac.	108,00	•	108,00	
De l'île de Belsinac à Quilleboeuf . .	359,25	14,84	374,09	
De Quilleboeuf à la pointe de la Roque	•	2313,00	2313,00	
De la pointe de la Roque à Berville.	•	522,90	522,90	
	5750,43	2850,74	8601,17	

Le prix de ces prairies est en moyenne de 2500 fr. l'hectare, leur valeur réelle est donc de 21,500,000 francs.

Toutefois, l'État a admis que ces terrains devaient être considérés comme appartenant aux riverains à titre d'alluvions, en vertu de l'art. 556 du code Napoléon, et il s'est contenté d'appliquer le principe de la plus-value, inscrit dans la loi du 16 septembre 1807. Deux décrets, ceux du 15 janvier 1853 et juillet 1854, ont déclaré applicables aux alluvions des départements de la Seine-Inférieure et de l'Eure, les articles 30, 31 et 32 de cette loi.

Les indemnités payées par les propriétaires s'élèvent à la somme totale de 1,288,934 fr. 14 c.; elles ont été réglées « à la moitié de la valeur des avantages que les propriétés avaient acquis » au moment de la remise.

Il reste à recueillir les indemnités de plus-value relatives aux alluvions situées sur la rive gauche en aval de Quilleboeuf et sur la rive droite en aval de Tancarville; elles pourront s'élèver à une somme de 2,500,000 francs.

Les indemnités à payer à l'État formeront ainsi un total de 3,800,000 francs environ.

**Provenance des alluvions de la basse Seine.** — Quelle est la provenance des alluvions de la basse Seine? Sont-elles dues aux sables et aux vases enlevés par la mer sur toute la côte normande? Sont-elles dues, au contraire, aux matières arrachées par le fleuve dans les parties supérieures de son cours?

M. l'ingénieur Marchal a présenté à l'appui de la première thèse des motifs bien déduits que nous rappellerons sommairement.

Les alluvions produites par les fleuves à leur embouchure dans des mers sans marée, comme la Méditerranée, sont bien un produit fluviatile, on ne saurait le nier.

Mais, la question peut être discutée et diversement résolue pour les fleuves qui débouchent dans des mers à marées puissantes, comme l'Océan et la Manche.

La Loire, alimentée par des bassins imperméables et douée de fortes pentes dans son cours supérieur, affecte des allures torrentielles; aussi charrie-t-elle de gros sables jusqu'à son embouchure et il y a, entre Nantes et Saint-Nazaire, une combinaison des apports fluviatiles et des apports marins.

La Seine a des allures toutes différentes et la quantité de matières solides

qu'elle apporte dans la baie est incomparablement moindre, dit M. Marchal, que celle qui y est amenée par les courants du littoral.

M. l'ingénieur Beaulieu disait vers 1850 : « A en juger par la limpidité habituelle des eaux de la Seine proprement dite et par le trouble des eaux de la marée, il n'est pas douteux pour nous que la majeure partie des dépôts nouvellement formés derrière les digues ne provienne des sables de la baie. »

M. Marchal compare entre elles la composition chimique des alluvions de la basse Seine et la composition des tangues de la baie du Mont Saint-Michel et de la baie des Veys :

Les substances qui dominent dans les tangues du Mont Saint-Michel sont la silice et le carbonate de chaux; à mesure qu'on s'avance dans la mer, la proportion de silice augmente, et, à mesure qu'on s'avance vers la terre, c'est la proportion de calcaire qui augmente. Or, les bassins des trois rivières qui débouchent dans la baie sont dépourvus de calcaire, ainsi que les côtes voisines de la Manche et de la Bretagne : on reconnaît en effet à la loupe que le calcaire se compose de débris de coquilles; ainsi l'élément calcaire vient du fond de la rade de Cancale et il en est de même du sable, car le débit des rivières de la baie est trop faible pour l'expliquer.

Ces faits montrent que dans le sein de la mer, il se fait une puissante trituration de matières sablonneuses et calcaires, que le tout est porté par le flot dans les anses, baies et embouchures, et s'y dépose lorsqu'il trouve du calme ou une force contre-balancant l'action du jusant.

La présence du calcaire dans les alluvions de la Seine ne prouverait rien puisque ce fleuve coule presque partout entre des coteaux calcaires.

Mais, à Rouen, on ne trouve dans l'eau du fleuve que de la vase avec peu de sable; à Quilleboeuf, près des digues, la proportion de sable est beaucoup plus forte.

Ainsi, le sable provenant de la haute Seine n'arriverait pas jusqu'à Rouen, et celui qu'on trouve dans les alluvions provient de la mer.

En ce qui touche la partie calcaire des dépôts, on reconnaît à la loupe qu'elle résulte de la trituration de coquilles; elle paraît donc avoir aussi une origine marine.

La partie vaseuse pourrait provenir du fleuve; mais, si on remarque que cette partie vaseuse se dépose dans les bassins des ports de la côte soustraits à toute influence fluviale, on reconnaît que la plus grosse portion de ces dépôts vaseux doit, elle aussi, provenir des eaux de la mer.

Le courant du littoral ronge sans cesse et creuse en courbes concaves les rives de la Manche; chaque année les falaises sont minées et reculent dans les terres; le recul annuel paraît être en moyenne de 0<sup>m</sup>,30 dans la Seine-Inférieure; la corrosion exercée du cap de Barfleur à Calais et de l'île de Wight à Douvres se chiffre chaque année par au moins 10 millions de mètres cubes; 1,500,000 environ se présentent à l'entrée de la Seine et en remontent le cours; les galets s'arrêtent d'abord, les sables dépassent Quilleboeuf, les vases suivent le flot jusqu'à Rouen et au-dessus et reviennent avec le jusant sauf la partie qui se dépose derrière les digues.

De l'eau puisée dans la Seine à Rouen pendant le jusant, à la suite d'une longue crue du fleuve, ne déposait par litre que 0<sup>gr</sup>,045 de matière solide par litre, tandis que celle qu'on prenait à l'étale, le même jour, abandonnait par litre un dépôt de 0<sup>gr</sup>,145.

Ainsi, d'après M. Marchal, les alluvions de la basse Seine auraient une origine

presque entièrement marine. A cette affirmation M. l'ingénieur Darcel a présenté plusieurs objections :

Dans les travaux exécutés entre Paris et Rouen, on rencontre toujours dans les fouilles une grande proportion de calcaire, soit en grains, soit en coquilles, et cela jusqu'au voisinage de Rouen ; il n'y a pas de raison pour que cette proportion ne se maintienne pas au delà.

Le filtrage des eaux à Rouen n'a donné que des vases, mais il en est de même à Paris ; néanmoins, il y a sur le cours de la Seine de grands transports de sable ; ce sont des transports de fond, difficiles à observer.

Du reste, les immenses dépôts formés derrière les digues ont été trop rapides pour provenir uniquement de l'apport fluvial et marin ; ils proviennent en grande partie des anciens bancs de sable et de vase amassés depuis longtemps dans la baie de Seine et ramassés par les nouveaux courants.

Il est probable, d'après cette discussion, que les apports fluviaux et marins concourent à la formation des alluvions : le courant trouble de la Seine et le courant trouble de la mer se heurtent dans la Seine maritime et amortissent réciproquement leur vitesse. Il en résulte un calme au milieu duquel s'effectuent les dépôts qui oscillent avec le jeu des marées, mais que le flot surtout agite avec une grande violence.

#### LÉGISLATION DES IRRIGATIONS ET COLMATAGES

Il nous reste, pour compléter le sujet, à dire quelques mots de la législation qui régit les irrigations et le colmatage. Les détails trouveront plus naturellement leur place dans le traité de droit administratif.

Pour dériver les eaux d'une rivière non navigable ni flottable, il faut établir en travers de cette rivière un barrage analogue à celui qu'on établit pour les usines.

C'est l'autorité préfectorale qui est compétente pour autoriser les établissements de ce genre, en se conformant toutefois aux prescriptions de l'instruction ministérielle du 23 octobre 1851 et des circulaires des 27 juillet 1852 et 7 août 1857.

Le droit à l'irrigation résulte de l'article 644 du code civil.

« Art. 644. Celui dont la propriété borde une eau courante, autre que celle qui est déclarée dépendance du domaine public par l'article 583 au Titre de la Distinction des biens, peut s'en servir à son passage pour l'irrigation de ses propriétés.

Celui dont cette eau traverse l'héritage peut même en user dans l'intervalle qu'elle y parcourt, mais à la charge de la rendre, à la sortie de son fonds, à son cours ordinaire. »

Comme les barrages d'irrigation ne fonctionnent pas d'une manière continue, on peut adopter pour eux une retenue plus élevée que pour les usines.

On admet que le plan d'eau peut affleurer la surface des terres voisines du bief.

Lorsqu'un propriétaire veut établir un barrage d'irrigation et qu'il n'est propriétaire que d'une rive, la loi du 11 juillet 1847 lui donne le droit d'appui sur l'autre rive ; ce droit d'appui n'existerait pas pour un barrage d'usine.

*Loi du 11 juillet 1847.* « Art. 1. Tout propriétaire qui voudra se servir, pour l'irrigation de ses propriétés, des eaux naturelles ou artificielles dont il a le droit de disposer, pourra obtenir la faculté d'appuyer sur la propriété du riverain opposé les ouvrages d'art nécessaires à sa prise d'eau, à la charge d'une juste et préalable indemnité.

Sont exceptés de cette servitude les bâtiments, cours et jardins attenant aux habitations.

Art. 2. Le riverain, sur le fonds duquel l'appui sera réclamé, pourra toujours demander l'usage commun du barrage en contribuant pour moitié aux frais d'établissement et d'entretien; aucune indemnité ne sera respectivement due dans ce cas, et celle qui aurait été payée devra être rendue.

Lorsque cet usage commun ne sera réclamé qu'après le commencement ou la confection des travaux, celui qui le demandera devra supporter seul l'excédant de dépense auquel donneront lieu les changements à faire au barrage pour le rendre propre à l'exécution des deux rives.

Art. 3. Les contestations auxquelles pourra donner lieu l'application des deux articles ci-dessus seront portées devant les tribunaux.

Il sera procédé, comme en matière sommaire, et, s'il y a lieu à expertise, le tribunal pourra ne nommer qu'un seul expert. »

Par suite de la disposition des lieux, il pourrait arriver que le propriétaire d'un barrage d'irrigation ne pourrait amener sur ses terres son canal de dérivation. La loi a prévu le cas et donne le droit au propriétaire de traverser les fonds qui ne lui appartiennent pas. Ce droit est réglé par la loi du 29 avril 1845 :

#### ARTICLE 1<sup>e</sup>.

Tout propriétaire qui voudra se servir pour l'irrigation de ses propriétés des eaux naturelles ou artificielles dont il a le droit de disposer, pourra obtenir le passage de ces eaux sur les fonds intermédiaires, à la charge d'une juste et préalable indemnité.

Sont exceptés de cette servitude les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenant aux habitations.

#### ART. 2.

Les propriétaires des fonds inférieurs devront recevoir les eaux qui s'écouleront des terrains ainsi arrosés, sauf l'indemnité qui pourra leur être due.

Seront également exceptés de cette servitude, les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenant aux habitations.

#### ART. 3.

La même facilité du passage sur les fonds intermédiaires pourra être accordée au propriétaire d'un terrain submergé en tout ou en partie, à l'effet de procurer aux eaux nuisibles leur écoulement.

#### ART. 4.

Les contestations auxquelles pourront donner lieu l'établissement de la servitude, la fixation du parcours de la conduite d'eau, de ses dimensions et de sa forme, et les indemnités dues, soit au propriétaire du fonds traversé, soit à celui du fonds qui recevra l'écoulement des eaux, seront portées devant les tribunaux qui, en prononçant, devront concilier l'intérêt de l'opération avec le respect dû à la propriété.

Il sera procédé devant les tribunaux comme en matière sommaire, et, s'il y a lieu d'expertise, il pourra n'être nommé qu'un seul expert.

#### ART. 5.

Il n'est aucunement dérogé par les présentes dispositions aux lois qui règlent la police des eaux.

FIN.







DUNOD, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES  
49, quai des Grands-Augustins, à Paris.

*En vente séparément aux prix ci-après :*

**LES FASCICULES**

DU

**MANUEL DE L'INGÉNIEUR  
DES PONTS ET CHAUSSÉES**

PAR

**A. DEBAUVE**

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

---

1 <sup>er</sup>	Fascicule. Algèbre. Descriptive et applications. In-8 et atlas.	12	50
2 <sup>e</sup>	— Physique et Chimie. In-8. . . . .	16	"
3 <sup>e</sup>	— Géologie et Minéralogie. In-8. . . . .	10	"
4 <sup>e</sup>	— Exécution des travaux. In-8 et atlas. . . . .	30	"
5 <sup>e</sup>	— Géodésie, Nivellement. In-8. . . . .	7	50
6 <sup>e</sup> , 7 <sup>e</sup> et 8 <sup>e</sup> .	Mécanique, Machines hydrauliques et à vapeur.		
	Forts in-8 et atlas. . . . .	37	50
9 <sup>e</sup>	— Routes. In-8 et atlas. . . . .	15	"
10 <sup>e</sup>	— Ponts en maçonnerie. In-8 et atlas. . . . .	25	"
11 <sup>e</sup>	— Ponts et Viaducs en bois et en métal. In-8 et atlas. . . . .	30	"
12 <sup>e</sup>	— Tunnels. — Souterrains. In-8 et atlas. . . . .	10	"
13 <sup>e</sup>	— Chemins de fer. In-8 et atlas. . . . .	15	"
14 <sup>e</sup>	— Constructions civiles. In-8 et atlas. . . . .	17	"
15 <sup>e</sup>	— Hydraulique. . . . .	6	"
16 <sup>e</sup>	— Distributions d'eau. In-8 et atlas. . . . .	20	"
17 <sup>e</sup>	— Météorologie, Hydrologie et Culture rationnelle. . . . .	5	"
18 <sup>e</sup>	— Usages agricoles : irrigations, drainage, desséchement. . . . .	15	"
19 <sup>e</sup>	— Des Eaux comme moyen de transport : rivières, canaux, ports maritimes ( <i>sous presse</i> ).		
20 <sup>e</sup>	— Droit administratif ( <i>sous presse</i> ).		

---

Les Souscripteurs à l'ouvrage complet qui s'engageront à prendre de suite ou dès l'apparition les 20 fascicules dont se compose l'ouvrage, jouiront d'une réduction de 20 % sur les prix ci-dessus. — Le prix total de l'ouvrage complet sera d'environ 250 fr. seulement pour les souscripteurs.

*Ce prix devant être de 20 % au-dessous de l'ensemble des prix des fascicules séparés.*





YD 17100

